

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JCS42 U.S. PTO
09/610637



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1 9 9 9 年 7 月 1 2 日

出 願 番 号

Application Number:

平成 1 1 年特許願第 1 9 8 2 4 9 号

出 願 人

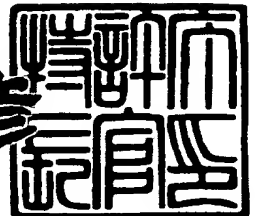
Applicant (s):

株式会社半導体エネルギー研究所

2 0 0 0 年 4 月 2 8 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特 2 0 0 0 - 3 0 3 0 7 9 8

【書類名】 特許願

【整理番号】 P004244-01

【提出日】 平成11年 7月12日

【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 山崎 舜平

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 田中 幸一郎

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 河崎 律子

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザー照射装置及びレーザー照射方法および半導体装置および半導体装置の作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザービームを基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射装置であって、

前記基板を重力の向きに平行に移動するための移動手段を有することを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 2】 レーザービームを基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射装置であって、

前記表面から照射されるレーザービームと、前記裏面から照射されるレーザービームは、当該ビームの非照射面にて互いに平行な線状ビームであり、

レーザー照射時に、前記基板を前記線状ビームの長尺方向に垂直に移動する機構が設けられていることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 3】 レーザービームを基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射装置であって、

前記表面から照射されるレーザービームと、前記裏面から照射されるレーザービームは、当該ビームの非照射面にて互いに平行な線状ビームであり、

前記表面から照射される線状レーザーのビーム幅は、前記裏面から照射される線状レーザーのビーム幅以下であり、

レーザー照射時に、前記基板を前記線状ビームの長尺方向に垂直に移動する機構が設けられていることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 4】 請求項 3 において、

前記基板の表面には、非単結晶半導体膜が形成されていることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 5】 請求項 2 ～ 4 のいずれか 1 項において、

レーザー照射時に前記基板を重力の向きに平行に配置する手段が設けられていることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項において、

前記基板を配置するための雰囲気制御のできるチャンバーを有し、
該雰囲気を大気圧から 10^{-3} Pa の範囲で調整可能であることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 7】 請求項 1～5 のいずれか 1 項において、
前記基板を配置するための雰囲気制御のできるチャンバーを有し、
前記チャンバー内を Ar、 H_2 、 N_2 又は He 雰囲気またはこれらの混合気体雰囲気にすることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 8】 請求項 1～5 のいずれか 1 項において、
前記基板において、少なくともレーザービームが照射されている部分を 10 度～500 度にする手段を有することを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 9】 請求項 1～5 のいずれか 1 項において、
前記基板において、少なくともレーザービームが照射されている部分を 200 度～450 度に加熱する加熱手段を有することを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 10】 請求項 1～5 のいずれか 1 項において、
前記基板の一方の面から照射されるレーザービームのエネルギーは、他方の面から照射されるレーザービームのエネルギーより高いことを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 11】 請求項 1～5 のいずれか 1 項において、
前記基板の一方の面から照射されるレーザービームのエネルギーと、前記基板の他方の面から照射されるレーザービームのエネルギーとの比は 1 対 1～10 対 1 の間であることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 12】 請求項 1～5 のいずれか 1 項において、
前記基板の一方の面には非単結晶半導体膜が形成され、
前記非単結晶半導体膜が形成されている面から前記基板を照射するレーザービームのエネルギーは、他方の面から照射されるレーザービームのエネルギーより高いことを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 13】 請求項 1～5 のいずれか 1 項において、
前記基板の一方の面には非単結晶半導体膜が形成され、
前記非単結晶半導体膜が形成されている面から前記基板を照射するレーザービ

ームのエネルギーと、他方の面から照射されるレーザービームのエネルギーとの比は1対1～10対1の間であることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項14】 請求項1～5のいずれか1項において、

前記レーザービームはエキシマレーザーであることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項15】 請求項1～5のいずれか1項において、

前記レーザービームは、XeClのエキシマレーザーであることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項16】 請求項1～5のいずれか1項において、

ロードアンロード室と、トランスファ室と、プレヒート室と、レーザー照射室と徐冷室とを少なくとも有することを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項17】 レーザービームを基板の裏表面両面から同時に照射するレーザー照射方法であって、

前記表面から照射されるレーザービームと、前記裏面から照射されるレーザービームは、当該ビームの非照射面にて互いに平行な線状ビームとし、

レーザービームを照射しながら、前記基板を前記線状ビームの長尺方向に対し垂直に移動することを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項18】 レーザービームを非単結晶半導体膜が形成された基板の裏表面両面から同時に照射するレーザー照射方法であって、

前記表面から照射されるレーザービームと、前記裏面から照射されるレーザービームは、前記照射面にて互いに平行な線状ビームであり、

前記表面から照射される線状レーザのビーム幅は、前記裏面から照射される線状レーザのビーム幅以下であり、

前記線状レーザービームを照射しながら、前記基板を前記線状ビームの長尺方向に垂直に移動することを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項19】 請求項17又は18において、

前記基板の表面に非単結晶半導体膜が形成され、

前記表面から照射される線状レーザービームのエネルギーは、前記裏面から照射される線状レーザービームのエネルギーより高いことを特徴とするレーザー照

射方法。

【請求項 20】 請求項 17 又は 18 において、

前記基板の表面に非単結晶半導体膜が形成され、

前記表面から照射される線状レーザービームのエネルギーと、前記裏面から照射される線状レーザービームのエネルギーとの比は 1 対 1 ～ 10 対 1 の間であることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 21】 請求項 17 又は 18 において、

レーザー照射時に、前記基板を重力の方向と平行に配置することを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 22】 請求項 17 又は 18 において、

前記レーザー照射時に、前記基板を大気圧 $\sim 10^{-3}$ Pa の圧力の雰囲気中に配置することを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 23】 請求項 17 又は 18 において、

前記レーザー照射時に、前記基板を Ar、 H_2 、 N_2 又は He 雰囲気またはこれらの混合気体雰囲気に配置することを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 24】 請求項 17 又は 18 において、

前記基板において、少なくともレーザービームが照射されている部分を 10 度 \sim 500 度にすることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 25】 請求項 17 又は 18 において、

前記レーザービームはエキシマレーザーであることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 26】 請求項 17 又は 18 において、

前記レーザービームは、XeCl のエキシマレーザーであることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 27】 結晶粒径が 500 nm \sim 3 μ m の結晶性半導体膜を活性層に用いたことを特徴とする半導体装置。

【請求項 28】

基板上に TFT を設けた半導体装置の作製方法において、
前記基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、

前記非単結晶半導体膜にレーザービームを基板の裏表両面から同時に照射して結晶性半導体膜を形成する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 29】

基板上に T F T を設けた半導体装置の作製方法において、
前記基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、
前記非単結晶半導体膜に半導体の結晶化を助長する触媒元素を導入する工程と、
前記非単結晶半導体膜にレーザービームを基板の裏表両面から同時に照射して結晶性半導体膜を形成する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 30】

基板上に T F T を設けた半導体装置の作製方法において、
前記基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、
前記非単結晶半導体膜に半導体の結晶化を助長する触媒元素を導入する工程と、
前記非単結晶半導体膜を熱処理して、結晶性半導体膜を形成する工程と、
前記結晶性半導体膜にレーザービームを基板の裏表両面から同時に照射する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 31】

請求項 28 乃至 30 のいずれか一において、前記基板の一方の面から照射されるレーザービームのエネルギーは、他方の面から照射されるレーザービームのエネルギーより高いことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本願発明は薄膜で構成された回路を有する半導体装置を作製するための装置に関する。例えば液晶表示装置に代表される電気光学装置、及び電気光学装置を部品として搭載した電気機器の構成を作成する装置に関する。なお、本明細書中において半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指し、上記電気光学装置および電気機器も半導体装置である。

【0002】

【従来の技術】

近年、ガラス等の絶縁基板上に形成された非晶質半導体膜や結晶性半導体膜（単結晶でない、多結晶、微結晶等の結晶性を有する半導体膜）、即ち非単結晶珪素膜に対し、レーザーニールを施して、結晶化させたり、結晶性を向上させる技術が、広く研究されている。上記半導体膜には、珪素膜がよく用いられる。

【0003】

ガラス基板は、従来よく使用されてきた石英基板と比較し、安価で加工性に富んでおり、大面積基板を容易に作成できる利点を持っている。これが上記研究の行われる理由である。また、結晶化に好んでレーザーが使用されるのは、ガラス基板の融点が低いからである。レーザーは基板の温度をあまり上昇させずに非単結晶膜にのみ高いエネルギーを与えることができる。

【0004】

結晶性珪素膜は多くの結晶粒からできているため、多結晶珪素膜、あるいは多結晶半導体膜と呼ばれる。レーザーニールを施して形成された結晶性珪素膜は、高い移動度を有するため、この結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタ（TFT）を形成し、例えば、一枚のガラス基板上に、画素駆動用と駆動回路用のTFTを作製する、モノリシック型の液晶電気光学装置等に盛んに利用されている。

【0005】

また、出力の大きい、エキシマレーザー等のパルスレーザービームを、被照射面において、数cm角の四角いスポットや、長さ10cm以上の線状となるように光学系にて加工し、レーザービームを走査させて（あるいはレーザービームの照射位置を被照射面に対し相対的に移動させて）、レーザーアニールを行う方法が量産性が高く工業的に優れているため、好んで使用されている。

【0006】

特に、線状レーザービームを用いると、前後左右の走査が必要なスポット状のレーザービームを用いた場合とは異なり、線状レーザーの線方向に直角な方向だけの走査で被照射面全体にレーザー照射を行うことができるため、量産性が高い。線方向に直角な方向に走査するのは、それが最も効率のよい走査方向であるか

らである。この高い量産性により、現在レーザーアニールにはパルス発振エキシマレーザービームを適当な光学系で加工した線状レーザービームを使用することが主流になりつつある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

パルス発振エキシマレーザービームを線状に加工し、例えば非単結晶珪素膜に対し、該線状レーザービームを走査させながら照射した場合、多結晶珪素膜が得られる。

【0008】

得られた多結晶珪素膜を詳しく観察した結果、該多結晶珪素膜は、粒径が数百nm程度の単結晶でなる無数の結晶粒から構成されていることが知られている。これら結晶粒の粒界には多数の格子欠陥が存在し、これが半導体装置の特性を著しく損ねさせる原因となっている。

【0009】

この問題を解決するには、粒径を大きくすればよい。そうすることで、格子欠陥密度を減らすことができるからである。

【0010】

上記の問題を解決すべく、あらゆる条件下で非単結晶珪素膜にレーザーを照射したが、得られる多結晶珪素膜の平均粒径は500nmよりも大きくならなかった。

【0011】

例えば、窒素雰囲気中でレーザー照射をした。あるいは、真空中でレーザー照射をした。あるいは、加熱した状態でレーザー照射をした。これらの方法を組み合わせ、条件を最適化する方法も試みた。しかし、いずれの方法も粒径を著しく大きくするものではなかった。

【0012】

本発明の課題は、上述の問題点を解消し、結晶粒を500nm以上、より好ましくは1 μ m以上に成長させるためのレーザー照射装置及びレーザー照射方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明人は、思考錯誤の末に、レーザーを使って、多結晶珪素膜の平均粒径を 500nm \sim 3 μ m、さらに条件を最適化することにより 1 \sim 3 μ mにする方法を発見した。以下に、その方法を以下に示す。

【0014】

まず、大出力のエキシマレーザーを光源として用意する。これを適当な光学系を用いて、照射面にてエネルギーが均一になるようにする。用いた光学系は、図1に示した。これにより、長方形のビームが細長い線状ビームに変形され、それと同時にビーム内のエネルギーがより均一になった。

【0015】

図1に線状レーザービーム形成用光学系の構成の1つの例を示す。この構成はきわめて一般的なものであり、あらゆる線状レーザービーム形成用光学系は、図1の構成に準じている。

【0016】

まず、側面図について説明する。レーザー発振器101から出たビームはシリンドリカルレンズアレイ102により、縦方向に分割される。これらの分割されたビームは、シリンドリカルレンズ104により、いったん1つのビームにまとめられる。ミラー107で反射され、その後、シリンドリカルレンズ108により、照射面109にて再び1つのビームに集光される。これにより、線状レーザービームの幅方向のエネルギー均質化と幅方向の長さが決定される。

【0017】

次に、上面図について説明する。レーザー発振器101から出たビームは、シリンドリカルレンズアレイ103により、横方向に分割される。その後、シリンドリカルレンズ104にて、ビームは照射面109にて1つに合成される。これにより、線状レーザービームの長さ方向のエネルギー均質化と長さが決定される。

【0018】

図1の光学系を利用して、以下のような実験をした。

【0019】

まず基板として、厚さ0.7mm、5インチ角のコーニング1737基板を用意した。基板にプラズマCVD装置を用いて、厚さ200nmの SiO_2 膜（酸化珪素膜）を成膜し、 SiO_2 膜表面に厚さ50nmの非晶質珪素膜（以下、a-Si膜と表記する）を成膜した。

【0020】

基板を、窒素気体、温度500度の雰囲気中に1時間さらして、膜中の水素濃度を減らした。これにより、膜の耐レーザー性が著しく向上した。

【0021】

レーザー装置は、ラムダ社製のXeClエキシマレーザー（波長308nm、パルス幅30ns）L3308を使用した。このレーザー装置はパルス発振レーザーを発し、500mJ/パルスのエネルギーを出す能力を持っている。レーザービームは、図1に示した構成をもつ光学系により、100mm×0.4mmの線状レーザービームに加工した。

【0022】

a-Si膜を形成した基板に対し、線状レーザービームを表面及び裏面から同時に照射した。説明のため明細書中では、基板の表面はa-Si膜が成膜されている面を、裏面は反対側の面をさすこととする。

【0023】

a-Si膜のエキシマレーザに対する吸収係数は非常に高い。実際、波長308nmのエキシマレーザは、厚さ50nmのa-Si膜を透過できない。この事実から、エキシマレーザは、厚さ50nmのa-Si膜中で完全に熱に変換されることがわかる。（a-Si膜表面での反射光は除く。）理論的には、a-Si膜表面から深さ10nm前後のところで、波長308nm光が $1/e$ に減衰するとされている。

【0024】

上記の理論から、以下のことが予想できる。すなわち、a-Si膜の表面からのみのレーザ照射によりa-Si膜の結晶化を行っていた従来方法をとると、厚さ50nmのa-Si膜中の深さ方向における温度分布は、a-Si膜表面から最も遠いところで一番低くなる。一方、本発明が示す方法のようにa-Si膜の裏表面から同時にレーザ照射すると、厚さ50nmのa-Si膜中の深さ方向における温度分布は、従来例と

比較してより一様となる。よって、a-Si膜がレーザーにより溶融してから結晶の核のできるまでの時間は、従来方法と比較し、本発明の方法の方がより長くなっている。この違いが結晶粒径の差になって現れたと考えている。

【0025】

照射時のレーザービームの繰り返し周波数は30Hz、基板の移動速度は、1mm/s、レーザーのエネルギー密度は、基板裏表からの線状ビームそれぞれ190mJ/cm²とした。エネルギー密度の最適値はレーザー装置の機種によっても変わるが、100～500mJ/cm²を目安にすればいい。

【0026】

厚さ0.7mmのコーニング1737基板は、波長308nmの光に対し、透過率が50%程度ある。また、SiO₂膜はほとんど100%308nmの光を透過させる。厚さ50nmのa-Si膜は、308nmの波長をもつレーザー光をほぼ50%吸収し、残りの50%は反射する。

【0027】

よって、a-Si膜には、基板の表面からの線状ビームによって直接照射されるだけでなく、裏面から照射される線状ビームも照射される。裏面から照射される線状ビームのエネルギーは表面から直接照射されるビームのエネルギーの半分程度に減衰することになる。

【0028】

走査しながら、裏面表面から同時に線状レーザーを照射すると、a-Si膜は結晶化され多結晶珪素膜が得られる。得られた多結晶珪素膜をセコエッチした後、SEMで表面の観察をしたところ、平均粒径は1～2μm程度であった。

【0029】

比較のために、まず、同じエネルギー密度の線状ビームを基板の表面からレーザー照射し、その後で、裏面から線状ビームを照射した。得られた多結晶珪素膜を、セコエッチした後、SEMで表面の観察をしたところ、平均粒径が300nm程度であった。

【0030】

即ち、1μm以上の結晶粒の多結晶珪素膜を形成するには、レーザーを表、裏

から同時に照射することが非常に重要であり、片面づつレーザー光をa-Si膜に照射しても同様の効果は見られなかいことが分かった。

【 0 0 3 1 】

本発明は、このような知見に基づいて発明されたものであり、レーザービームを基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射装置であって、前記基板を重力の向きに平行にするための手段を有することを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

また、他の構成は、

レーザービームを基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射装置であって、

前記表面から照射されるレーザービームと、前記裏面から照射されるレーザーは、当該ビームの非照射面にて互いに平行な線状ビームであり、

レーザー照射時に、前記基板を前記線状ビームの長尺方向に垂直に移動する機構が設けられていることを特徴とする。

【 0 0 3 3 】

また、他の構成は、

レーザービームを基板の裏表両面から同時に照射するレーザー照射装置であって、

前記表面から照射されるレーザービームと、前記裏面から照射されるレーザーは、当該ビームの非照射面にて互いに平行な線状ビームであり、

前記表面から照射される線状レーザーのビーム幅は、前記裏面から照射される線状レーザーのビーム幅以下であり、

レーザー照射時に、前記基板を前記線状ビームの長尺方向に垂直に移動する機構が設けられていることを特徴とする。

【 0 0 3 4 】

上記何れの発明に関しても、基板はレーザー照射時に重力の向きに対し平行に配置されていると基板のたわみが生じにくいので、好ましい。

【 0 0 3 5 】

上記何れの発明に関しても、基板の非単結晶半導体膜が成膜されている側から

基板を照射するレーザービームのエネルギーは、非単結晶半導体膜が成膜されていない側から基板を照射するレーザービームのエネルギーより高いであると、多結晶半導体膜の粒径を 500nm 以上にすることができる。

【0036】

上記何れの発明に関しても、基板の非単結晶半導体膜が成膜されている側から基板を照射するレーザービームのエネルギーと、非単結晶半導体膜が成膜されていない側から基板を照射するレーザービームのエネルギーとの比は、1対1～10対1、好ましくは6対4～8対2の間であると、多結晶半導体膜の粒径をさらに大きくすることができる。言いかえると、非単結晶半導体膜が成膜されていない側から基板を照射するレーザービームのエネルギーは、基板の非単結晶半導体膜が成膜されている側から基板を照射するレーザービームのエネルギーと同じ値またはその値の1/10以上である。

【0037】

上記何れのレーザー照射装置に、ロードアンロード室と、トランスファ室と、プレヒート室と、レーザー照射室と、徐冷室と、を少なくとも有していると、大量生産に使用できるので好ましい。

【0038】

また、他の構成は、結晶粒径が 500nm～3 μ m の結晶性半導体膜を活性層に用いたことを特徴とする半導体装置である。

【0039】

また、上記半導体装置の構成を得るための作製方法に関する構成は、
基板上に T F T を設けた半導体装置の作製方法において、
前記基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、
前記非単結晶半導体膜にレーザービームを基板の裏表両面から同時に照射して結晶性半導体膜を形成する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0040】

また、他の構成は、
基板上に T F T を設けた半導体装置の作製方法において、

前記基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、
前記非単結晶半導体膜に半導体の結晶化を助長する触媒元素を導入する工程と、
前記非単結晶半導体膜にレーザービームを基板の裏表両面から同時に照射して結晶性半導体膜を形成する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【 0 0 4 1 】

また、他の構成は、
基板上に T F T を設けた半導体装置の作製方法において、
前記基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、
前記非単結晶半導体膜に半導体の結晶化を助長する触媒元素を導入する工程と、
前記非単結晶半導体膜を熱処理して、結晶性半導体膜を形成する工程と、
前記結晶性半導体膜にレーザービームを基板の裏表両面から同時に照射する工程と、を有することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【 0 0 4 2 】

上記各半導体装置の作製方法の構成において、前記基板の一方の面から照射されるレーザービームのエネルギーは、他方の面から照射されるレーザービームのエネルギーより高いことを特徴としている。

【 0 0 4 3 】

【発明の実施の形態】

まず、照射対象として、大面積の基板、600×720mmの基板に対し、レーザー光を基板の裏表両面から同時にレーザー照射する例を示す。

【 0 0 4 4 】

図2に光学系を図示する。図2において図1と同じ符号は同じ部材を示す。図2の光学系は図1のシリンドリカルレンズ105以降の光路をハーフミラー201で2分割した構成になっている。

【 0 0 4 5 】

ハーフミラー201の透過率がたとえば50%とすると、反射率も50%となり、これで分割されたビームはエネルギーが等しくなる。分割されたビームのうち、ハーフミラー201で反射されたビームは、ミラー202、205で反射さ

れ、シリンドリカルレンズ 207 により照射面 209 に線状に集光される。他方ハーフミラー 201 を透過したビームはミラー 203、204、206 で反射されて、シリンドリカルレンズ 208 により照射面 209 に線状に集光される。

【0046】

被照射面 209 に非単結晶半導体膜が形成された基板が配置される。基板の裏面と表面から同時に線状のレーザービームが照射される。基板を矢印で示す方向に移動することで、基板全面にレーザービームが照射できる。

【0047】

本発明では、線状ビームのエネルギーは、非単結晶半導体膜が形成されている側から基板に照射されるビームのエネルギーは、他面から基板に照射されるビームのエネルギーと等しいかそれ以上とする。前者のエネルギーと、後者のエネルギーとの比が 6 : 4 ~ 8 : 2 となるようにすると良い。

【0048】

線状ビームのエネルギーを調節するには、図 2 の光学系ではハーフミラー 201 の透過率（反射率）を調節すればよい。

【0049】

なお光学系保護のため、光学系の雰囲気を窒素等のレンズコーティング物質と反応しにくい気体としてもよい。そのために、光学系を光学系保護室 210 に封入してもよい。該光学系保護室 210 に出入射するレーザーの窓には、石英を用いた。また、基板 209 の汚染防止のため、チャンバー 211 を設けて、その中に基板 209 を入れた状態でレーザー照射を行ってもよい。

【0050】

図 3 に、基板の保持手段及び移動手段を図示する。図 3 において、レーザービーム 300 はシリンドリカルレンズ 207、208 を経て、基板 303 に裏表から同時に照射される。ステージ 301 は基板が載せられるようにざぐりが切っている。また、基板 303 の裏からもレーザーが照射できるように、ステージは基板の端のみを支持し、他の部分は中空、つまりステージに基板の形状より少し小さい矩形の孔が設けられている。ステージ 301 は移動機構 302 により線状ビーム 304 の長尺方向に対し、垂直な方向に等速で移動する。

【0051】

レーザ光を基板の裏表両面から同時に照射するためには、基板の裏表両面、少なくともレーザビームが照射されている場所にレーザビームを遮るものがないか、基板のステージがレーザ光に対して透明である必要があった。レーザ光にエキシマレーザを用いるとき、これは紫外光であるから、紫外光を透過させる材質で適当なものは、石英板であった。

【0052】

ところが、石英板は大面積に加工することが非常に困難であった。また、図3のような基板の端だけを支持するようなステージでは、特に600mm×720mmのような大面積基板の場合、基板の自重で基板にそりが生じるので、レーザビームのピントが狂い、均一なレーザ照射ができなかった。

【0053】

よって、基板、特に大面積基板を支持するステージは、図6に記載したように基板703を立てた構成、すなわち基板を重力の向きに対して平行にすると、基板のそりを防止できる。基板703は適当な支持具701を用いて保持する。支持具701には真空チャックや、端に物理的に基板を挟んで保持する等の手段を採用できる。図6では、基板の上下の2辺を保持しているが、より、安定に保持するためには、基板の4辺全てを支持具701で挟みこむような構成にすればよい。

【0054】

図6に示すように、レーザ照射中に、ランプ705により基板703のレーザが照射されている箇所に強光を照射して加熱すると、より粒径の大きな多結晶珪素膜が得られる。

【0055】

他の基板支持手段として、図7に示した構成をとってもよい。図7の構成では、円柱状のころ801上に、従来のように基板802は水平にならべる。この状態で、円柱状のころ801をすべて同一方向に回転させると、基板802が一方方向に移動する。

【0056】

レーザビームを円柱状のころの隙間から入射させる。これにより、基板全面に裏表両面からレーザ光を同時に照射することが可能となる。レーザ照射中にランプ804によって強光を基板802のレーザが照射されているところに当てるとより粒径の大きな多結晶珪素膜が得られた。図8に示すように、円柱状のころ801の代わりに、ベルトコンベアを2つ使用し、これらのベルトコンベアの間からレーザを入射させてもよい。

【0057】

本発明のレーザ照射装置は、非単結晶珪素膜だけでなく、その他の非単結晶半導体膜にも適応でき、例えばゲルマニウムや、ダイヤモンドの非単結晶半導体膜等にも適用できる。

【0058】

また、本明細書中では、線状レーザビームについて主に記載したが、本発明で示す効果は、ビームのアスペクト比が1~2桁程度のいわゆる面状ビームでも同様に得られる。例えば、面ビームで特に大面積ビームが得られるフランス・ソプラ社製のSAELCを使用し、a-Si膜の両面から同時にレーザを照射すれば、1度に 20 cm^2 程度の面積を結晶化することができる。

【0059】

【実施例】

〔実施例1〕

本実施例では、非晶質珪素膜のレーザアニールの例を示す。

【0060】

基板は、厚さ0.7mmのコーニング1737を用いる。この基板は600℃までの温度であれば十分な耐久性がある。この基板の片面に、プラズマCVD法により SiO_2 膜を200nm成膜する。さらに、その上から、a-Si膜を55nm成膜する。成膜法は他の方法、たとえば、スパッタ法等を用いてもよい。

【0061】

成膜済みの基板を窒素、500度の雰囲気中に1時間さらし、a-Si膜中の水素濃度を減少させる。これにより、a-Si膜の耐レーザ性を飛躍的に高めることができる。該膜内の水素濃度は $10^{20}\text{ atoms/cm}^3$ オーダーが適当である。

【0062】

次に、基板703を図6に示したチャンバー707の中に配置する。基板は重力の向きに対し平行に配置し、支持具701により基板の上辺、下辺を裏表から挟みこむことで、固定する。なお、図6において704はa-Si膜であり、SiO₂膜は省略されている。

【0063】

基板703は、移動機構702により紙面内において上下に移動される。また、移動機構709により、紙面に対し垂直方向に移動される。移動機構702、709により、基板全面に線状ビームを照射することができる。移動機構702、709はボールねじを使ったものや、リニアモータを使ったもの等を用いればよい。

【0064】

レーザービームは、図13に示した光学系により、長さ270mm、幅0.3mmの2本の線状ビームに加工される。図13に示した光学系は、1つの例であり、本発明は本実施例の数値に限定されるものではない。それぞれのビームは石英窓706a、706bを経て、a-Si膜704に線状に結像する。上記のサイズは、結像したときのビームのサイズである。

【0065】

以下に、図13に記載した光学系の各レンズの具体的なサイズや焦点距離、位置関係をしめす。光学系の母材はすべて石英とする。

【0066】

シリンドリカルアレイレンズ1401は焦点距離200mm、幅1.8mm、長さ50mm、中心厚2mm、であるシリンドリカルレンズ4本で構成されている。このレンズで、ビームを縦方向に分割する。

【0067】

シリンドリカルレンズ1402は、焦点距離200mm、幅50mm、長さ50mm、中心厚5mm、である。このレンズで、上記縦方向に分割されたビームを、ある照射面にて一旦1つに集光する。前記照射面は光路の途中にあるので、再び光は分離する。

【 0 0 6 8 】

ミラー 1 4 0 3 は、ハーフミラーで透過率 5 0 %、反射率 5 0 % のものである。これでビームを 2 つに分離する。ミラー 1 4 0 4、ミラー 1 4 0 5、ミラー 1 4 0 6、ミラー 1 4 0 7、ミラー 1 4 0 8 は、ビームの光路を曲げる役割を果たす。シンドリカルレンズ 1 4 0 9 と 1 4 1 0 とは同一形状で、焦点距離 1 7 0 m m、幅 7 0 m m、長さ 2 7 0 m m、中心厚 1 5 m m である。これらのレンズで、上記縦方向に分割されたビームを、照射面にて 1 つに合成する。また、石英窓 7 0 6 a、7 0 6 b は、それぞれ厚さ 1 5 m m である。

【 0 0 6 9 】

シンドリカルアレイレンズ 1 4 1 1 と 1 4 1 2 とは同一形状で、焦点距離 2 0 m m、幅 7 m m、長さ 5 0 m m、中心厚 5 m m、であるシンドリカルレンズ 7 本で構成されている。このレンズで、ビームを横方向に分割する。(図 1 4 参照。)

【 0 0 7 0 】

シンドリカルレンズ 1 4 1 3 と 1 4 1 4 とは、焦点距離 7 7 0 m m、幅 5 0 m m、長さ 5 0 m m、中心厚 5 m m、である。このレンズで、上記横方向に分割されたビームを、照射面にて 1 つに合成する。(図 1 4 参照。)

【 0 0 7 1 】

上述したレンズすべては、幅方向に曲率をもつ。また配置は図 1 3 に従えばよい。

すなわち、シンドリカルアレイレンズ 1 4 0 1 とシンドリカルレンズ 1 4 0 2 との距離 L_1 を 4 0 0 m m、シンドリカルレンズ 1 4 0 2 とハーフミラー 1 4 0 3 との距離 L_2 は 1 0 0 m m とする。ハーフミラー 1 4 0 3 はシンドリカルレンズ 1 4 0 2 の長さ方向に対し平行に配置され、シンドリカルレンズ 1 4 0 2 の幅方向に対し 4 5 度に配置される。なお、該光学系で使用されるミラーはすべて、シンドリカルレンズ 1 4 0 2 の長さ方向に対し平行に配置される。

【 0 0 7 2 】

ミラー 1 4 0 4 は、ハーフミラー 1 4 0 3 と平行に配置され、ミラー 1 4 0 4 とハーフミラー 1 4 0 3 との間のレーザービームの光学的距離 L_3 が 4 0 0 m m にな

るようにする。ミラー 1405 はハーフミラー 1403 と直角に配置され、ハーフミラー 1403 とミラー 1405 との間のレーザビームの光学的距離 L_4 が 200 mm になるようにする。ミラー 1406 はミラー 1405 と平行に配置され、ミラー 1405 とミラー 1406 との間のレーザビームの光学的距離 L_5 が 400 mm になるようにする。

【0073】

ミラー 1407 はミラー 1405 と平行に配置され、ミラー 1404 とミラー 1407 との間のレーザビームの光学的距離が 706 mm になるようにする。この間にはレンズ 1411、1413 が入っているため、これの材質（石英）と厚さを考慮すると、この間の距離 L_6 は 703 mm とすればよい。

【0074】

ミラー 1408 はミラー 1404 と平行に配置され、ミラー 1406 とミラー 1408 との間のレーザビームの光学的距離が 506 mm になるようにする。この間にはレンズ 1412、1414 が入っているため、これの材質（石英）と厚さを考慮すると、この間の距離 L_8 は 503 mm とすればよい。

【0075】

また、シリンダリカルアレイレンズ 1411（1412）とシリンダリカルレンズ 1413（1414）間の光学的距離からレーザビームが入射する方向に 40 mm 離して配置する。

【0076】

シリンダリカルレンズ 1413 とシリンダリカルレンズ 1414 は、照射面 704 からそれぞれ、光学的距離が 770 mm のところに配置する。このため、ミラー 1408 とシリンダリカルレンズ 1414 間の光学的距離 L_8 を 370 mm とし、被照射面 704 と石英窓 706 a、706 b との光学的距離 L_{11} 、 L_{12} は 156 mm とし、石英窓 706 a、706 b とシリンダリカルレンズ 1409 と 1410 間の光学的距離 L_{13} 、 L_{14} を 20 mm とする。

【0077】

ビームのサイズを変更したい場合は幾何光学に従って図 2 や図 13 に示した各光学部材の焦点距離や、サイズを調節すればよい。

【0078】

本実施例では、図13のハーフミラー1403の透過率は50%、反射率も50%とする。ハーフミラーの透過率（または反射率）を変えることにより、2本の線状ビームのエネルギー比を変更することができる。

【0079】

上記線状ビームの、該線方向におけるエネルギー分布が±5%以内であるとa-Si膜に対し均質な結晶化を行える。好ましくは、±3%以内、より好ましくは、±1%以内にとるとより均質な結晶化が行える。エネルギー分布を均一するためには、シリンドリカルレンズアレイ1401、1411、1412のシリンドリカルレンズの数を増やせばよい。

【0080】

本明細書の実施例では、シリンドリカルレンズアレイ1401のシリンドリカルレンズの数を4本、シリンドリカルレンズアレイ1411、1412それぞれのシリンドリカルレンズの数を7本とした。これにより、上記線状ビームの、該線方向におけるエネルギー分布を±5%以内に抑えることができる。

【0081】

レーザー装置には、XeClのエキシマレーザーを用いる。最大エネルギーは、1000mJ/パルスである。線状ビームの面積はそれぞれ0.8cm²であるから、得られる線状ビームの最大エネルギー密度は500mJ/cm²以上となる。

【0082】

このレーザー照射装置を使って、a-Si膜704を結晶化させる。ビーム長が270mmであるから、600mm×720mmの基板に対し例えば、図5に示す道筋でレーザービームを走査させることで、基板のほぼ全面にレーザーを照射することができる。

【0083】

本実施例の照射条件を以下に示す。

レーザーのエネルギー密度：線状ビーム2本ともに190mJ/cm²

レーザーの繰り返し周波数：40Hz、

基板の移動速度：1mm/s、

チャンパー 7 0 7 内の雰囲気：高真空（圧力 10^{-3} Pa）

【0 0 8 4】

圧力の制御は真空ポンプ 7 0 8 で行う。真空ポンプは、ドライポンプとターボ分子ポンプを組み合わせて用いる。上記の条件は、レーザー装置のパルス幅やレーザー照射される膜の状態等に依存するので、実施者は、そのことを考慮に入れて諸条件を適宜決定しなければならない。

【0 0 8 5】

レーザー照射の雰囲気は、上記のような高真空ではなく、 H_2 に置換してもよい。雰囲気の置換は、主に基板の汚染防止のために行う。ガスの供給は、ガスポンプ 7 1 0 を通して行う。前記雰囲気は H_2 、He、 N_2 、または Ar でもよい。また、それらの混合気体でもよい。また、レーザー照射装置がクリーンルームに設置されているのであれば、雰囲気は空気でもよい。

【0 0 8 6】

レーザー照射中、レーザービームの他に、赤外線ランプ 7 0 5 により、赤外光を a-Si 膜 7 0 1 のレーザーが照射されている個所に照射して、加熱すると、得られる多結晶珪素膜の粒径の均一性が向上する。

【0 0 8 7】

赤外線ランプ 7 0 5 により、基板温度を室温（1 0 度）から 5 0 0 度程度までの範囲の何れかにする。前記いずれの温度域でも効果が得られるが、好ましくは、2 0 0 度～4 5 0 度の範囲に加熱すれば、より一様で大粒径の多結晶珪素膜が得られる。このとき、レーザーが照射されている場所の温度のばらつきは ± 2 度が適当である。

【0 0 8 8】

本実施例では、図 1 3 のハーフミラー 1 4 0 3 の透過率を 5 0 % としたが、該透過率は、2 0 % ～8 0 % の間で、実施者が最適化すればよい。これにより、基板の表から照射される線状ビームのエネルギーと、裏面から照射される線状ビームのエネルギーの比を、2 : 8 ～8 : 2 の間で調節することができる。より一様で大粒径の多結晶珪素膜を得るためには、基板の表から照射される線状ビームのエネルギーと、裏面から照射される線状ビームのエネルギーの比を、6 : 4 ～8 :

2の間で調節するとよい。

【0089】

また、レーザー装置にXeClエキシマレーザーを使用したか、他の大出力レーザーを利用してよい。このとき、ガラス基板を透過するレーザー光を使用することは言うまでもない。また、基板として、コーニング1737の他に、コーニング7059等の他のガラス基板を用いることができる。

【0090】

〔実施例2〕

本実施例では、多結晶珪素膜にレーザーを照射する例を示す。

【0091】

基板は、厚さ0.7mmのコーニング1737を用いる。この基板は600℃までの温度であれば十分な耐久性がある。この基板の片面に、プラズマCVD法によりSiO₂膜を200nm成膜する。さらに、その上から、a-Si膜を55nm成膜する。成膜法は他の方法、たとえば、スパッタ法等を用いてもよい。

【0092】

該a-Si膜に、濃度が10ppmの酢酸ニッケル水溶液を塗布し、これを窒素雰囲気にて550℃の雰囲気にて4時間さらし、非晶質珪素膜を結晶化させる。該塗布の方法は例えばスピコート法を使うとよい。このように、ニッケルを添加した非晶質珪素膜は、低温短時間で結晶化する。これは、ニッケルが結晶成長の核の役割を果たし、結晶成長を促進させるのが原因と考えられている。

【0093】

上記の方法で結晶化される多結晶珪素膜は、結晶化温度が低いため欠陥を多く含んでおり、半導体素子の材料としては不十分な場合がある。そこで、該多結晶珪素膜の結晶性を向上させるため、図6に示すレーザー照射装置によりレーザービームを該膜に照射する。

【0094】

〔実施例3〕

本実施例では、発明実施の形態で示した光学系とは異なる光学系を用いた例を示す。図4を使って、その光学系を説明する。

【0095】

図4の光学系は図2と同様に、基板の両面からレーザーが照射されるようになっている。図2と同じ符号は同じ部材を示す。

【0096】

レーザー発振器101から出射したレーザービームは、シリンドリカルレンズアレイ103により分割され、シリンドリカルレンズ105により照射面209に合成される。この構成の詳細は、図1の説明に記載した。これにより、照射面での線状レーザービームの長さ方向のエネルギーの均一化と、その長さが決定される。

【0097】

一方、線状レーザーの幅方向のエネルギーの均一化は、反射面をもつ反射ミラー501、502によりなされる。同時に、線状レーザーの幅の長さも該反射ミラー501、502により決定される。

【0098】

該反射ミラー501、502を構成する複数の反射面は、それら各々の面に反射した光が同一面、この場合照射面209に集光するように設計されている。このようなレンズは、一般にレンチキュラーレンズと呼ばれている。これらの反射面の角度やサイズは、照射面で得たいビームサイズにより決定される。これは幾何光学が教えるところに従えばよい。

【0099】

〔実施例4〕

本実施例では、基板を水平にした状態で、レーザー照射を行う例を示す。基板を横に設置する場合、基板を保持する必要がないのでこの方法が従来から使われていた。しかしながら、本発明では、基板の両面からレーザーを照射しなければならないため、特別の工夫が必要である。

【0100】

図7にレーザー照射用のステージを示す。円柱状のころ801を、平行に並べて、その上に基板802を配置する。円柱状のころ801は、互いに等速で回転することにより、基板802を紙面の左右の方向に動かす。803は基板802

の表面に形成された非単結晶半導体膜である。

【0101】

レーザービームは、基板 802 の裏表両面から同時に照射される。両面から照射ができるのは、円柱状のころ 801 をステージとして使用しているため、基板の裏側に、レーザーが通過できる隙間できるためである。

【0102】

更に、赤外線ランプ 804 が設けられており、レーザー照射中に赤外線項をレーザーが照射されている個所に当て、加熱できるようになっている。

【0103】

また、ころ 801 の代わりに、図 8 に示すように、ベルトコンベア 901 を 2 つ使用し、これらのベルトコンベア 901 の隙間からレーザーを入射させることもできる。図 8 において、図 7 と同じ符号は同じ部材を示す。

【0104】

図 8 では、レーザー照射中の雰囲気制御ができる構成を示した。チャンバー 902 には図示しない真空用のゲートが設けてあり、これを通して基板を出し入れることが可能となっている。雰囲気を高真空にするために、真空ポンプ 904 がチャンバー 902 に接続されている。真空ポンプ 904 はドライポンプとターボ分子ポンプの 2 つを組み合わせで用いる。これらにより、真空度を 10^{-3} Pa まで下げることが可能となる。

【0105】

真空度を下げてレーザー照射を行うとそれだけ基板に対し汚染の少ないレーザー照射を行うことができる。また、同様の目的で、チャンバーの雰囲気を制御することで基板の汚染を防ぐことも可能である。

【0106】

レーザー照射の雰囲気は、上記のような高真空ではなく、 H_2 や He 、 N_2 、 Ar 、それら混合気体としてもよい。これら気体はガスボンベ 905 からチャンバー 902 に供給される。

【0107】

〔実施例 5〕

上述した実施例のすべては、基板の裏表に形状大きさの等しいビームを照射する例であった。本実施例では、基板の裏表に照射されるビームの大きさが互いに異なる例を示す。

【0 1 0 8】

本実施例では、基板の進行方向のビーム幅を基板裏表で互いに異ならすことにより、より結晶粒径の大きい多結晶珪素膜を得る例を示す。

【0 1 0 9】

このような構成のビームを実現する光学系を図 9 に示す。図 9 の光学系は図 2 の変形例であり、図 9 の光学系は、図 2 のシリンドリカルレンズ 2 0 7、2 0 8 をシリンドリカルレンズ 1 0 0 1、1 0 0 2 に置換したものである。なお、図 9 において図 2 と同じ符号は同じ部材を示す。また 1 0 0 4 は基板であり、1 0 0 3 は基板表面に形成された非単結晶半導体膜である。

【0 1 1 0】

シリンドリカルレンズ 2 0 7 と 2 0 8 は基板の裏表から同様のレーザービームを基板に照射するため、同様の形状をしている。すなわち、シリンドリカルレンズ 2 0 7 と 2 0 8 は、同じ焦点距離を持っている。

【0 1 1 1】

これに対して、シリンドリカルレンズ 1 0 0 1 と 1 0 0 2 とは焦点距離が異なっている。図 9 では、基板裏面から照射されるビームの幅を、基板表面から（非単結晶珪素膜 1 0 0 3 側から）に照射されるビームの幅と比べて広くしたいのであれば、シリンドリカルレンズ 1 0 0 2 の焦点距離を、シリンドリカルレンズ 1 0 0 1 と比べて長くし、かつ非単結晶珪素膜 1 0 0 3 からシリンドリカルレンズ 1 0 0 2 までの距離を、非単結晶珪素膜 1 0 0 3 からシリンドリカルレンズ 1 0 0 1 までの距離以上にする。

【0 1 1 2】

上記のような構成を実際に設計するときは、幾何光学が教えるところに従えば良い。具体的な例を、図 1 3 を用いて説明すると、図 1 3 のシリンドリカルレンズ 1 4 1 0 の焦点距離を 2 0 0 m m とし、その位置を、図 1 3 の例から、4 3 m m レーザビームの入射側の方向にずらすと、シリンドリカルレンズ 1 4 1 0 が照

射面 7 0 4 に作る線状レーザービームの幅が 0. 4 mm となる。シリンダリカルレンズ 1 4 0 9 が作る線状レーザービームの幅は 0. 3 mm であるから、ビーム幅の異なるレーザービームができることになる。

【0 1 1 3】

基板裏からのビームの幅を、基板表からのビームの幅以上とすることにより、得られる多結晶珪素膜の粒径がより大きくなる。なお、ここでいうビーム幅の方向とビームの基板に対する走査方向とは、互いに平行である。

【0 1 1 4】

照射面でのビームの様子を図 1 2 に示す。基板の表面（非単結晶珪素膜 1 0 0 3 側）から入射するビーム 1 3 0 1 のビーム幅は、基板 1 0 0 4 裏面側から入射するビーム 1 3 0 2 のビーム幅よりも狭くなっている。また、レーザーの基板に対する走査方向は、該ビーム幅と平行である。

【0 1 1 5】

〔実施例 6〕

本実施例では、基板の裏表に照射されるビームの大きさが互いに異なる他の例を示す。

【0 1 1 6】

実施例 3 で示したレンチキュラーレンズを用いた構成で、実施例 4 で示したことが同様のことができる。図 4 ににおいて、レンチキュラーレンズ 5 0 1 と 5 0 2 は同一形状を持っている。しかし、本実施例のように、基板の裏表で異なるサイズのビームを照射しようとする、図 1 0 に記載したように、レンチキュラーレンズの形状を互いに異ならしめる必要が生じる。

【0 1 1 7】

例えば、図 1 0 に描いたように、基板裏（基板 1 1 0 4 の方）に照射されるビームの幅を、基板表（非単結晶珪素膜 1 1 0 3）に照射されるビームの幅よりも広くしたいのであれば、レンチキュラーレンズ 1 1 0 2 を構成する複数の鏡面それぞれを、レンチキュラーレンズ 1 1 0 1 よりも大きくすればよい。

【0 1 1 8】

上記のような構成を実際に設計するときは、幾何光学が教えるところに従えば良い。基板裏からのビームの幅を、基板表からのビームの幅以上とすることにより、得られる多結晶珪素膜の粒径がより大きくなる。なお、ここでいうビーム幅の方向とビームの基板に対する走査方向とは、互いに平行である。

【0119】

〔実施例 7〕

本実施例では、大量生産用のレーザー照射装置の例を図 11 に沿って示す。

【0120】

ロードアンロード室 1201 から、トランスファ室 1204 に設置された搬送用のロボットアーム 1206 を使って基板を運ぶ。まず、基板は、アライメント室 1202 で位置合わせがされた後、プレヒート室 1203 に運ばれる。ここで例えば赤外ランプヒータを使って基板の温度を所望の温度、例えば 300℃程度にあらかじめ加熱しておく。その後、ゲートバルブ 1207、1208 を通過し、レーザー照射室 707 に基板を固定する。このとき、図 6 に記載した基板保持具 701 で基板端を挟みこむことで基板を固定する。

【0121】

その後、ゲートバルブ 1207 と 1208 とを閉めて、レーザー照射室移動機構 1211 により互いに分離させる。レーザー照射室移動機構 1211 には、レーザー照射室を回転させる機構がついており、これにより基板を重力に対して立てることができる。該基板を立てた状態のまま、レーザー照射室移動機構 1211 により、基板をレーザービームの照射位置まで運ぶ。

【0122】

レーザービームは、レーザー発振器 101 を出射後、レーザー光学系 1212 を介し、照射面 209 にて 2 本の線状ビームに加工される。レーザービームは、石英窓 706 を介し、基板に照射される。レーザー光学系 1212 は、前述に示したものを使用すればよい。また、それに準ずる構成のものを使用してもよい。

【0123】

レーザー照射の前にレーザー照射室 707 の雰囲気、真空ポンプ 1209 を使って高真空 (10^{-3} Pa) 程度に引く。または、真空ポンプ 1209 とガスボンベ

1210を使って所望の雰囲気にする。該雰囲気は、前述したように、ArやH₂、あるいはそれらの混合気体でもよい。

【0124】

その後、レーザーを照射しながら、移動機構702により基板を走査させることで、基板にレーザーを照射する。このとき、赤外線ランプ705をレーザーが照射されている部分に当ててもいい。

【0125】

レーザー照射が終了後は、クーリング室1205に基板を運び、基板を徐冷したのち、アライメント室1202を経由してロードアンロード室1201に基板を帰す。これら一連の動作を繰り返すことで、基板を多数レーザー処理できる。

【0126】

〔実施例8〕

本実施例を図15～図21を用いて説明する。ここでは表示領域の画素TFTと、表示領域の周辺に設けられる駆動回路のTFTを同一基板上に作製する方法およびそれを用いた表示装置について、作製工程に従って詳細に説明する。但し、説明を簡単にするために、制御回路ではシフトレジスタ回路、バッファ回路などの基本回路であるCMOS回路と、サンプリング回路を形成するnチャネル型TFTとを図示することにする。

【0127】

図15(A)において、基板1501には低アルカリガラス基板や石英基板を用いることができる。本実施例では低アルカリガラス基板を用いた。この基板1501のTFTを形成する表面には、基板1501からの不純物拡散を防ぐために、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜などの下地膜1502を形成する。例えば、プラズマCVD法でSiH₄、NH₃、N₂Oから作製される酸化窒化シリコン膜を100nm、同様にSiH₄、N₂Oから作製される酸化窒化シリコン膜を200nmの厚さに積層形成する。

【0128】

次に、20～150nm（好ましくは30～80nm）の厚さで非晶質構造を有する半導体膜1503aを、プラズマCVD法やスパッタ法などの公知の方法で

形成する。本実施例では、プラズマCVD法で非晶質シリコン膜を55nmの厚さに形成した。非晶質構造を有する半導体膜としては、非晶質半導体膜や微結晶半導体膜があり、非晶質シリコンゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を適用しても良い。また、下地膜1502と非晶質シリコン膜1503aとは同じ成膜法で形成することが可能であるので、両者を連続形成しても良い。下地膜を形成した後、一旦大気雰囲気中に晒さないことでその表面の汚染を防ぐことが可能となり、作製するTFETの特性バラツキやしきい値電圧の変動を低減させることができる。(図15(A))

【0129】

そして、結晶化技術を使用して非晶質シリコン膜1503aから結晶質シリコン膜1503bを形成する。本実施例では、本発明のレーザー装置を用い、上記実施例1に従ってレーザー結晶化を行った。結晶化の工程に先立って、非晶質シリコン膜の含有水素量にもよるが、400～500℃で1時間程度の熱処理を行い、含有水素量を5atom%以下にしてから結晶化させることが望ましい。(図15(B))

【0130】

そして、結晶質シリコン膜1503bを島状に分割して、島状半導体層1504～1507を形成する。その後、プラズマCVD法またはスパッタ法により50～100nmの厚さの酸化シリコン膜によるマスク層1508を形成する。(図15(C))

【0131】

そしてレジストマスク1509を設け、nチャネル型TFETを形成する島状半導体層1505～1507の全面にしきい値電圧を制御する目的で $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ 程度の濃度でp型を付与する不純物元素としてボロン(B)を添加した。ボロン(B)の添加はイオンドープ法で実施しても良いし、非晶質シリコン膜を成膜するときと同時に添加しておくこともできる。ここでのボロン(B)添加は必ずしも必要でないが、ボロン(B)を添加した半導体層1510～1512はnチャネル型TFETのしきい値電圧を所定の範囲内に収めるために形成することが好ましかった。(図15(D))

【0132】

駆動回路のnチャネル型TFTのLDD領域を形成するために、n型を付与する不純物元素を島状半導体層1510、1511に選択的に添加する。そのため、あらかじめレジストマスク1513～1516を形成した。n型を付与する不純物元素としては、リン(P)や砒素(As)を用いれば良く、ここではリン(P)を添加すべく、フォスフィン(PH₃)を用いたイオンドープ法を適用した。形成された不純物領域1517、1518のリン(P)濃度は $2 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ の範囲とすれば良い。本明細書中では、ここで形成された不純物領域1517～1519に含まれるn型を付与する不純物元素の濃度を(n^-)と表す。また、不純物領域1519は、画素マトリクス回路の保持容量を形成するための半導体層であり、この領域にも同じ濃度でリン(P)を添加した。(図16(A))

【0133】

次に、マスク層108をフッ酸などにより除去して、図15(D)と図16(A)で添加した不純物元素を活性化させる工程を行う。活性化は、窒素雰囲気中で500～600℃で1～4時間の熱処理や、レーザー活性化の方法により行うことができる。また、両者を併用して行っても良い。また、上記実施例2に示したレーザー照射を行ってもよい。本実施例では、レーザー活性化の方法を用い、KrFエキシマレーザー光(波長248nm)を用い、線状ビームを形成して、発振周波数5～50Hz、エネルギー密度100～500mJ/cm²として線状ビームのオーバーラップ割合を80～98%として走査して、島状半導体層が形成された基板全面を処理した。尚、レーザー光の照射条件には何ら限定される事項はなく、実施者が適宜決定すれば良い。

【0134】

そして、ゲート絶縁膜1520をプラズマCVD法またはスパッタ法を用いて10～150nmの厚さでシリコンを含む絶縁膜で形成する。例えば、120nmの厚さで酸化窒化シリコン膜を形成する。ゲート絶縁膜には、他のシリコンを含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。(図16(B))

【0135】

次に、ゲート電極を形成するために第1の導電層を成膜する。この第1の導電層は単層で形成しても良いが、必要に応じて二層あるいは三層といった積層構造としても良い。本実施例では、導電性の窒化物金属膜から成る導電層(A) 1521と金属膜から成る導電層(B) 1522とを積層させた。導電層(B) 1522はタンタル(Ta)、チタン(Ti)、モリブデン(Mo)、タングステン(W)から選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金か、前記元素を組み合わせた合金膜(代表的にはMo-W合金膜、Mo-Ta合金膜)で形成すれば良く、導電層(A) 1521は窒化タンタル(TaN)、窒化タングステン(WN)、窒化チタン(TiN)膜、窒化モリブデン(MoN)で形成する。また、導電層(A) 1521は代替材料として、タングステンシリサイド、チタンシリサイド、モリブデンシリサイドを適用しても良い。導電層(B)は低抵抗化を図るために含有する不純物濃度を低減させると良く、特に酸素濃度に関しては30 ppm以下とすると良かった。例えば、タングステン(W)は酸素濃度を30 ppm以下とすることで $20\ \mu\Omega\text{cm}$ 以下の比抵抗値を実現することができた。

【0136】

導電層(A) 1521は10~50 nm(好ましくは20~30 nm)とし、導電層(B) 1522は200~400 nm(好ましくは250~350 nm)とすれば良い。本実施例では、導電層(A) 1521に30 nmの厚さの窒化タンタル膜を、導電層(B) 1522には350 nmのTa膜を用い、いずれもスパッタ法で形成した。このスパッタ法による成膜では、スパッタ用のガスのArに適量のXeやKrを加えておくと、形成する膜の内部応力を緩和して膜の剥離を防止することができる。尚、図示しないが、導電層(A) 1521の下に2~20 nm程度の厚さでリン(P)をドーピングしたシリコン膜を形成しておくことは有効である。これにより、その上に形成される導電膜の密着性向上と酸化防止を図ると同時に、導電層(A)または導電層(B)が微量に含有するアルカリ金属元素がゲート絶縁膜1520に拡散するのを防ぐことができる。(図16(C))

【0137】

次に、レジストマスク1523~1527を形成し、導電層(A) 1521と導電層(B) 1522とを一括でエッチングしてゲート電極1528~1531と

容量配線 1532 を形成する。ゲート電極 1528～1531 と容量配線 1532 は、導電層 (A) から成る 1528a～1532a と、導電層 (B) から成る 1528b～1532b とが一体として形成されている。この時、駆動回路に形成するゲート電極 1529、1530 は不純物領域 1517、1518 の一部と、ゲート絶縁膜 1520 を介して重なるように形成する。(図 16 (D))

【0138】

次いで、駆動回路の p チャネル型 TFT のソース領域およびドレイン領域を形成するために、p 型を付与する不純物元素を添加する工程を行う。ここでは、ゲート電極 1528 をマスクとして、自己整合的に不純物領域を形成する。このとき、n チャネル型 TFT が形成される領域はレジストマスク 1533 で被覆しておく。そして、ジボラン (B_2H_6) を用いたイオンドープ法で不純物領域 1534 を形成した。この領域のボロン (B) 濃度は $3 \times 10^{20} \sim 3 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ となるようにする。本明細書中では、ここで形成された不純物領域 1534 に含まれる p 型を付与する不純物元素の濃度を (p^+) と表す。(図 17 (A))

【0139】

次に、n チャネル型 TFT において、ソース領域またはドレイン領域として機能する不純物領域の形成を行った。レジストのマスク 1535～1537 を形成し、n 型を付与する不純物元素が添加して不純物領域 1538～1542 を形成した。これは、フォスフィン (PH_3) を用いたイオンドープ法で行い、この領域のリン (P) 濃度を $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ とした。本明細書中では、ここで形成された不純物領域 1538～1542 に含まれる n 型を付与する不純物元素の濃度を (n^+) と表す。(図 17 (B))

【0140】

不純物領域 1538～1542 には、既に前工程で添加されたリン (P) またはボロン (B) が含まれているが、それに比して十分に高い濃度でリン (P) が添加されるので、前工程で添加されたリン (P) またはボロン (B) の影響は考えなくても良い。また、不純物領域 1538 に添加されたリン (P) 濃度は図 17 (A) で添加されたボロン (B) 濃度の $1/2 \sim 1/3$ なので p 型の導電性が確保され、TFT の特性に何ら影響を与えることはなかった。

【0141】

そして、画素マトリクス回路のnチャネル型TFTのLDD領域を形成するためのn型を付与する不純物添加の工程を行った。ここではゲート電極1531をマスクとして自己整合的にn型を付与する不純物元素をイオンドープ法で添加した。添加するリン(P)の濃度は $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ であり、図16(A)および図17(A)と図17(B)で添加する不純物元素の濃度よりも低濃度で添加することで、実質的には不純物領域1543、1544のみが形成される。本明細書中では、この不純物領域1543、1544に含まれるn型を付与する不純物元素の濃度を(n^-)と表す。(図17(C))

【0142】

その後、それぞれの濃度で添加されたn型またはp型を付与する不純物元素を活性化するために熱処理工程を行う。この工程はファーンেসアニール法、レーザーアニール法、またはラピッドサーマルアニール法(RTA法)で行うことができる。ここではファーンেসアニール法で活性化工程を行った。熱処理は酸素濃度が1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下の窒素雰囲気中で400~800℃、代表的には500~600℃で行うものであり、本実施例では550℃で4時間の熱処理を行った。また、基板1501に石英基板のような耐熱性を有するものを使用した場合には、800℃で1時間の熱処理としても良く、不純物元素の活性化と、該不純物元素が添加された不純物領域とチャネル形成領域との接合を良好に形成することができた。

【0143】

この熱処理において、ゲート電極1528~1531と容量配線1532形成する金属膜1528b~1532bは、表面から5~80nmの厚さで導電層(C)1528c~1532cが形成される。例えば、導電層(B)1528b~1532bがタングステン(W)の場合には窒化タングステン(WN)が形成され、タンタル(Ta)の場合には窒化タンタル(TaN)を形成することができる。また、導電層(C)1528c~1532cは、窒素またはアンモニアなどを用いた窒素を含むプラズマ雰囲気中にゲート電極1528~1531を晒しても同様に形成することができ。さらに、3~100%の水素を含む雰囲気中で、3

00～450℃で1～12時間の熱処理を行い、島状半導体層を水素化する工程を行った。この工程は熱的に励起された水素により半導体層のダングリングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化（プラズマにより励起された水素を用いる）を行っても良い。（図17（D））

【0144】

活性化および水素化の工程が終了したら、ゲート配線とする第2の導電膜を形成する。この第2の導電膜は低抵抗材料であるアルミニウム（Al）や銅（Cu）を主成分とする導電層（D）と、にチタン（Ti）やタンタル（Ta）、タングステン（W）、モリブデン（Mo）から成る導電層（E）とで形成すると良い。本実施例では、チタン（Ti）を0.1～2重量%含むアルミニウム（Al）膜を導電層（D）1545とし、チタン（Ti）膜を導電層（E）1546として形成した。導電層（D）1545は200～400nm（好ましくは250～350nm）とすれば良く、導電層（E）1546は50～200（好ましくは100～150nm）で形成すれば良い。（図18（A））

【0145】

そして、ゲート電極に接続するゲート配線を形成するために導電層（E）1546と導電層（D）1545とをエッチング処理して、ゲート配線1547、1548と容量配線1549を形成した。エッチング処理は最初に SiCl_4 と Cl_2 と BCl_3 との混合ガスを用いたドライエッチング法で導電層（E）の表面から導電層（D）の途中まで除去し、その後リン酸系のエッチング溶液によるウェットエッチングで導電層（D）を除去することにより、下地との選択加工性を保ってゲート配線を形成することができた。（図18（B））

【0146】

第1の層間絶縁膜1550は500～1500nmの厚さで酸化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜で形成され、その後、それぞれの島状半導体層に形成されたソース領域またはドレイン領域に達するコンタクトホールを形成し、ソース配線1551～1554と、ドレイン配線1555～1558を形成する。図示していないが、本実施例ではこの電極を、Ti膜を100nm、Tiを含むアルミニウム膜300nm、Ti膜150nmをスパッタ法で連続して形成した3層構

造の積層膜とした。

【0147】

次に、パッシベーション膜1559として、窒化シリコン膜、酸化シリコン膜、または窒化酸化シリコン膜を50～500nm（代表的には100～300nm）の厚さで形成する。この状態で水素化処理を行うとTFTの特性向上に対して好ましい結果が得られた。例えば、3～100%の水素を含む雰囲気中で、300～450℃で1～12時間の熱処理を行うと良く、あるいはプラズマ水素化法を用いても同様の効果が得られた。なお、ここで後に画素電極とドレイン配線を接続するためのコンタクトホールを形成する位置において、パッシベーション膜159に開口部を形成しておいても良い。（図18（C））

【0148】

その後、有機樹脂からなる第2の層間絶縁膜1560を1.0～1.5μmの厚さに形成する。有機樹脂としては、ポリイミド、アクリル、ポリアミド、ポリイミドアミド、BCB（ベンゾシクロブテン）等を使用することができる。ここでは、基板に塗布後、熱重合するタイプのポリイミドを用い、300℃で焼成して形成した。そして、第2の層間絶縁膜1560にドレイン配線1558に達するコンタクトホールを形成し、画素電極1561、1562を形成する。画素電極は、透過型液晶表示装置とする場合には透明導電膜を用いれば良く、反射型の液晶表示装置とする場合には金属膜を用いれば良い。本実施例では透過型の液晶表示装置とするために、酸化インジウム・スズ（ITO）膜を100nmの厚さにスパッタ法で形成した。（図19）

【0149】

こうして同一基板上に、駆動回路のTFTと表示領域の画素TFTとを有した基板を完成させることができた。駆動回路にはpチャネル型TFT1601、第1のnチャネル型TFT1602、第2のnチャネル型TFT1603、表示領域には画素TFT1604、保持容量1605が形成した。本明細書では便宜上このような基板をアクティブマトリクス基板と呼ぶ。

【0150】

尚、図20は表示領域のほぼ一画素分を示す上面図である。図20で示すA-A

に沿った断面構造は、図 19 に示す表示領域の断面図に対応している。また、図 20 は、図 15 ～図 19 の断面構造図と対応付けるため、共通の符号を用いている。ゲート配線 1548 は、図示されていないゲート絶縁膜を介してその下の半導体層 1507 と交差している。図示はしていないが、半導体層には、ソース領域、ドレイン領域、 n^{++} 領域でなる L_{off} 領域が形成されている。また、1563 はソース配線 1554 とソース領域 1624 とのコンタクト部、1564 はドレイン配線 1558 とドレイン領域 1626 とのコンタクト部、1565 はドレイン配線 1558 と画素電極 1561 のコンタクト部である。保持容量 1605 は、画素 TFT 1604 のドレイン領域 1626 から延在する半導体層 1627 とゲート絶縁膜を介して容量配線 1532、1549 が重なる領域で形成されている。

【0151】

また、駆動回路の p チャネル型 TFT 1601 には、島状半導体層 1504 にチャネル形成領域 1606、ソース領域 1607a、1607b、ドレイン領域 1608a、1608b を有している。第 1 の n チャネル型 TFT 1602 には、島状半導体層 1505 にチャネル形成領域 1609、ゲート電極 1529 と重なる LDD 領域 1610（以降、このような LDD 領域を L_{ov} と記す）、ソース領域 1611、ドレイン領域 1612 を有している。この L_{ov} 領域のチャネル長方向の長さは 0.5 ～ 3.0 μm 、好ましくは 1.0 ～ 1.5 μm とした。第 2 の n チャネル型 TFT 1603 には、島状半導体層 1506 にチャネル形成領域 1613、 LDD 領域 1614、1615、ソース領域 1616、ドレイン領域 1617 を有している。この LDD 領域は L_{ov} 領域とゲート電極 1530 と重ならない LDD 領域（以降、このような LDD 領域を L_{off} と記す）とが形成され、この L_{off} 領域のチャネル長方向の長さは 0.3 ～ 2.0 μm 、好ましくは 0.5 ～ 1.5 μm である。画素 TFT 1604 には、島状半導体層 1507 にチャネル形成領域 1618、1619、 L_{off} 領域 1620 ～ 1623、ソースまたはドレイン領域 1624 ～ 1626 を有している。 L_{off} 領域のチャネル長方向の長さは 0.5 ～ 3.0 μm 、好ましくは 1.5 ～ 2.5 μm である。さらに、容量配線 1532、1549 と、ゲート絶縁膜と同じ材料から成る絶縁膜と、

画素 T F T 1 6 0 4 のドレイン領域 1 6 2 6 に接続し、n 型を付与する不純物元素が添加された半導体層 1 6 2 7 とから保持容量 1 6 0 5 が形成されている。また、本発明は本実施例に示した保持容量の構造に限定される必要はない。例えば、本出願人による特願平 9 - 3 1 6 5 6 7 号出願、特願平 9 - 2 7 3 4 4 4 号出願または特願平 1 0 - 2 5 4 0 9 7 号出願に記載された構造の保持容量を用いることもできる。

【 0 1 5 2 】

図 1 9 では画素 T F T 1 6 0 4 をダブルゲート構造としたが、シングルゲート構造でも良いし、複数のゲート電極を設けたマルチゲート構造としても差し支えない。

【 0 1 5 3 】

そして、上記アクティブマトリクス基板から、アクティブマトリクス型液晶表示装置を作製する工程を説明する。図 2 1 に示すように、上記方法で作製した図 1 9 の状態のアクティブマトリクス基板に対し、配向膜 1 7 0 1 を形成する。通常液晶表示素子の配向膜にはポリイミド樹脂が多く用いられている。対向側の対向基板 1 7 0 2 には、遮光膜 1 7 0 3、透明導電膜 1 7 0 4 および配向膜 1 7 0 5 を形成した。配向膜を形成した後、ラビング処理を施して液晶分子がある一定のプレチルト角を持って配向するようにした。そして、画素マトリクス回路と、CMOS 回路が形成されたアクティブマトリクス基板と対向基板とを、公知のセル組み工程によってシール材（図示せず）や柱状スペーサ 1 7 0 7 などを通して貼りあわせる。その後、両基板の間に液晶材料 1 7 0 6 を注入し、封止剤（図示せず）によって完全に封止した。液晶材料には公知の液晶材料を用いれば良い。このようにして図 2 1 に示すアクティブマトリクス型液晶表示装置が完成した。

【 0 1 5 4 】

以上の様に、画素 T F T および駆動回路が要求する仕様に応じて、各回路を構成する T F T の構造が最適化されたアクティブマトリクス型液晶表示装置を作製することができた。

【 0 1 5 5 】

なお、本実施例に示した半導体装置を作製するにあたって、実施例 1 ～実施例 1

7のどの構成を採用しても良いし、各実施例を自由に組み合わせて用いることが可能である。

【0 1 5 6】

〔実施例 9〕

本実施例では実施例 8 における結晶化工程に代えて、他の結晶化方法を用いた例を以下に図 2 2 を用いて示す。

【0 1 5 7】

まず、実施例 8 に従って、図 2 2 (A) の状態を得る。なお、図 2 2 (A) は図 1 5 (A) に相当する。

【0 1 5 8】

次いで、結晶化を助長する触媒元素（ニッケル、コバルト、ゲルマニウム、錫、鉛、パラジウム、鉄、銅から選ばれた一種または複数種の元素、代表的にはニッケル）を用いて結晶化を行う。具体的には、非晶質シリコン膜表面に触媒元素を保持させた状態でレーザー結晶化を行い、非晶質シリコン膜を結晶質シリコン膜に変化させるものである。本実施例ではニッケル元素を含む水溶液（酢酸ニッケル水溶液）をスピコート法で塗布して、触媒元素含有層 1 8 0 1 を非晶質半導体膜 1 5 0 3 a の全面に形成する。（図 2 2 (B)）また、本実施例ではスピコート法でニッケルを添加する方法を用いたが、蒸着法やスパッタ法などにより触媒元素となる薄膜（本実施例の場合はニッケル膜）を非晶質半導体膜上に形成する手段をとっても良い。

【0 1 5 9】

次いで、実施例 1 に記載された本発明のレーザー照射方法を用いて結晶質シリコン膜 1 8 0 2 を形成した。（図 2 2 (C)）

【0 1 6 0】

以降の工程は、実施例 8 に示した図 1 5 (C) 以降の工程に従えば、図 2 1 に示す構造が得られる。

【0 1 6 1】

なお、本実施例のように島状半導体層が、非晶質シリコン膜から触媒元素を用いる結晶化の方法で作製された場合、島状半導体層中には微量の触媒元素が残留

した。勿論、そのような状態でも T F T を完成させることが可能であるが、残留する触媒元素を少なくともチャネル形成領域から除去する方がより好ましかった。この触媒元素を除去する手段の一つにリン (P) によるゲッタリング作用を利用する手段があった。リン (P) を選択的に添加して加熱させてゲッタリングさせる工程を追加して行ってもよいが、このような工程を加えなくとも、ゲッタリングに必要なリン (P) の濃度は図 17 (B) で形成した不純物領域 (n^+) と同程度であり、図 17 (D) に示す活性化工程の熱処理により、 n チャネル型 T F T および p チャネル型 T F T のチャネル形成領域から触媒元素をゲッタリングすることができた。

【0162】

また、触媒元素を除去する手段は他にもあり、特に限定されない。例えば、島状半導体層を形成した後、酸素雰囲気中に対して 3 ~ 10 体積% の塩化水素を含ませた雰囲気中において、触媒元素が残留した結晶質半導体膜に温度が 800 ~ 1150℃ (好ましくは 900 ~ 1000℃)、処理時間が 10 分 ~ 4 時間 (好ましくは 30 分 ~ 1 時間) である熱処理を行う。この工程により結晶質半導体膜中のニッケルは揮発性の塩化合物 (塩化ニッケル) となって処理雰囲気中に離脱する。即ち、ハロゲン元素のゲッタリング作用によってニッケルを除去することが可能となる。

【0163】

また、触媒元素を除去する手段を複数用いてもよい。また、島状半導体層を形成する前にゲッタリングを行ってもよい。

【0164】

〔実施例 10〕

本実施例では実施例 8 における結晶化工程に代えて、他の結晶化方法を用いた例を以下に図 23 を用いて示す。

【0165】

まず、実施例 8 に従って、図 23 (A) の状態を得る。なお、図 23 (A) は図 15 (A) に相当する。

【0166】

次いで、触媒元素（本実施例ではニッケル）を含む水溶液（酢酸ニッケル水溶液）をスピコート法で塗布して、触媒元素含有層 1902 を非晶質半導体膜 1503a の全面に形成する。（図 23（B））ここで使用可能な触媒元素は、ニッケル（Ni）以外にも、ゲルマニウム（Ge）、鉄（Fe）、パラジウム（Pd）、スズ（Sn）、鉛（Pb）、コバルト（Co）、白金（Pt）、銅（Cu）、金（Au）、といった元素がある。

【0167】

また、本実施例ではスピコート法でニッケルを添加する方法を用いたが、蒸着法やスパッタ法などにより触媒元素でなる薄膜（本実施例の場合はニッケル膜）を非晶質半導体膜上に形成する手段をとっても良い。また、本実施例では触媒元素含有層 1902 を非晶質半導体膜 1503a の全面に形成した例を示したが、マスクを形成して選択的に触媒元素含有層を形成する工程としてもよい。

【0168】

次いで、500～650℃（好ましくは550～600℃）で6～16時間（好ましくは8～14時間）の熱処理を行う。その結果、結晶化が進行し、結晶質半導体膜（本実施例では結晶質シリコン膜）1902が形成される。（図 23（C））なお、選択的に触媒元素含有層を形成した場合においては、マスクの開口部を起点として概略基板と平行な方向（矢印で示した方向）に結晶化が進行し、巨視的な結晶成長方向が揃った結晶質シリコン膜が形成される。

【0169】

上記の方法で結晶化される結晶質シリコン膜は、結晶化温度が低いため欠陥を多く含んでおり、半導体素子の材料としては不十分な場合がある。そこで、結晶質シリコン膜の結晶性を向上させるため、実施例 2 に示したレーザー照射方法を用いて、レーザービームを該膜に照射して良好な結晶性を有する結晶質シリコン膜 1903 を形成した。（図 23（D））

【0170】

以降の工程は、実施例 8 に示した図 15（C）以降の工程に従えば、図 21 に示す構造が得られる。

【0171】

なお、実施例 9 と同様に、残留する触媒元素を少なくともチャンネル形成領域から除去する方がより好ましかった。よって、実施例 8 に示した方法を用いてゲッタリングを行うことが望ましい。

【0172】

〔実施例 11〕

実施例 8 に示したアクティブマトリクス型液晶表示装置の構成を、図 24 の斜視図を用いて説明する。尚、図 24 は、図 15 ～図 20 と対応付けるため、共通の符号を用いている。

【0173】

図 24 においてアクティブマトリクス基板は、ガラス基板 1501 上に形成された、表示領域 1706 と、走査信号駆動回路 1704 と、画像信号駆動回路 1705 で構成される。表示領域には画素 TFT 1604 が設けられ、周辺に設けられる駆動回路は CMOS 回路を基本として構成されている。走査信号駆動回路 1704 と、画像信号駆動回路 1705 はそれぞれゲート配線 1531 とソース配線 1554 で画素 TFT 1604 に接続している。また、FPC 71 が外部入力端子 74 に接続され、入力配線 75、76 でそれぞれの駆動回路に接続している。なお、1702 は対向基板である。

【0174】

〔実施例 12〕

本発明はアクティブマトリクス型 EL ディスプレイに適用することも可能である。その例を図 25 に示す。

【0175】

図 25 はアクティブマトリクス型 EL ディスプレイの回路図である。81 は表示領域を表しており、その周辺には X 方向駆動回路 82、Y 方向駆動回路 83 が設けられている。また、表示領域 81 の各画素は、スイッチ用 TFT 84、保持容量 85、電流制御用 TFT 86、有機 EL 素子 87 を有し、スイッチ用 TFT 84 に X 方向信号線 88a (または 88b)、Y 方向信号線 89a (または 89b、89c) が接続される。また、電流制御用 TFT 86 には、電源線 90a、90b が接続される。

【0176】

本実施例のアクティブマトリクス型ELディスプレイでは、X方向駆動回路82、Y方向駆動回路83に用いられるTFTを実施例8に示した図19のpチャネル型TFT1601、nチャネル型TFT1602または1603を組み合わせ形成する。また、スイッチ用TFT84や電流制御用TFT86のTFTを図19のnチャネル型TFT1604で形成する。

【0177】

〔実施例13〕

本願発明は従来のIC技術全般に適用することが可能である。即ち、現在市場に流通している全ての半導体回路に適用できる。例えば、ワンチップ上に集積化されたRISCプロセッサ、ASICプロセッサ等のマイクロプロセッサに適用しても良いし、液晶用ドライバー回路（D/Aコンバータ、 γ 補正回路、信号分割回路等）に代表される信号処理回路や携帯機器（携帯電話、PHS、モバイルコンピュータ）用の高周波回路に適用しても良い。

【0178】

また、マイクロプロセッサ等の半導体回路は様々な電子機器に搭載されて中枢回路として機能する。代表的な電子機器としてはパーソナルコンピュータ、携帯型情報端末機器、その他あらゆる家電製品が挙げられる。また、車両（自動車や電車等）の制御用コンピュータなども挙げられる。本願発明はその様な半導体装置に対しても適用可能である。

【0179】

なお、本実施例に示した半導体装置を作製するにあたって、実施例8～実施例12のどの構成を採用しても良いし、各実施例を自由に組み合わせて用いることが可能である。

【0180】

〔実施例14〕

本発明を実施して形成されたTFTは様々な電気光学装置に用いることができる。即ち、それら電気光学装置を表示媒体として組み込んだ電子機器全てに本発明を実施できる。

【0181】

その様な電子機器としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ヘッドマウントディスプレイ（ゴーグル型ディスプレイ）、ウェアラブルディスプレイ、カーナビゲーション、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話または電子書籍等）などが挙げられる。それらの一例を図26に示す。

【0182】

図26（A）はパーソナルコンピュータであり、本体2001、画像入力部2002、表示装置2003、キーボード2004で構成される。本願発明を画像入力部2002、表示装置2003やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0183】

図26（B）はビデオカメラであり、本体2101、表示装置2102、音声入力部2103、操作スイッチ2104、バッテリー2105、受像部2106で構成される。本願発明を表示装置2102、音声入力部2103やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0184】

図26（C）はモバイルコンピュータ（モービルコンピュータ）であり、本体2201、カメラ部2202、受像部2203、操作スイッチ2204、表示装置2205で構成される。本願発明は表示装置2205やその他の信号制御回路に適用できる。

【0185】

図26（D）はゴーグル型ディスプレイであり、本体2301、表示装置2302、アーム部2303で構成される。本発明は表示装置2302やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0186】

図26（E）はプログラムを記録した記録媒体（以下、記録媒体と呼ぶ）を用いるプレーヤーであり、本体2401、表示装置2402、スピーカ部2403、記録媒体2404、操作スイッチ2405で構成される。なお、この装置は記

録媒体としてDVD (Digital Versatile Disc)、CD等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。本発明は表示装置2402やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0187】

図26(F)はデジタルカメラであり、本体2501、表示装置2502、接眼部2503、操作スイッチ2504、受像部(図示しない)で構成される。本願発明を表示装置2502やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0188】

以上の様に、本願発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。また、本実施例の電子機器は実施例8~13のどのような組み合わせからなる構成を用いても実現することができる。

【0189】

[実施例15]

本発明を実施して形成されたTFTは様々な電気光学装置に用いることができる。即ち、それら電気光学装置を表示媒体として組み込んだ電子機器全てに本発明を実施できる。

【0190】

その様な電子機器としては、プロジェクター(リア型またはフロント型)などが挙げられる。それらの一例を図27に示す。

【0191】

図27(A)はフロント型プロジェクターであり、表示装置2601、スクリーン2602で構成される。本発明は表示装置やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0192】

図27(B)はリア型プロジェクターであり、本体2701、表示装置2702、ミラー2703、スクリーン2704で構成される。本発明は表示装置やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0193】

なお、図27(C)は、図27(A)及び図27(B)中における表示装置2

601、2702の構造の一例を示した図である。表示装置2601、2702は、光源光学系2801、ミラー2802、2804～2806、ダイクロイックミラー2803、プリズム2807、液晶表示装置2808、位相差板2809、投射光学系2810で構成される。投射光学系2810は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図27(C)中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

【0194】

また、図27(D)は、図27(C)中における光源光学系2801の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系2801は、リフレクター2811、光源2812、2813、2814、偏光変換素子2815、集光レンズ2816で構成される。なお、図27(D)に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IRフィルム等の光学系を設けてもよい。

【0195】

以上の様に、本願発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。また、本実施例の電子機器は実施例8～11のどのような組み合わせからなる構成を用いても実現することができる。

【0196】

【発明の効果】

本発明のレーザー照射装置、および照射方法によって、500nm以上、1～3μm程度の平均粒径の結晶性半導体膜を形成することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 線状レーザービームを形成する光学系。

【図2】 レーザー照射装置。

【図3】 基板移動手段を示す図。

【図4】 レーザー照射装置の光学系を示す図。

- 【図 5】 レーザービームの走査方法を示す図。
- 【図 6】 レーザー照射装置を示す図。
- 【図 7】 レーザー照射装置を示す図。
- 【図 8】 レーザー照射装置を示す図。
- 【図 9】 レーザー照射装置の光学系を示す図。
- 【図 1 0】 レーザー照射装置の光学系を示す図。
- 【図 1 1】 レーザー照射装置を示す図。
- 【図 1 2】 被照射面での線状ビームの断面を示す図。
- 【図 1 3】 レーザー照射装置の光学系を示す図。
- 【図 1 4】 光学系の部分的な構成を示す図。
- 【図 1 5】 本願発明の作製工程一例を示す図。
- 【図 1 6】 本願発明の作製工程一例を示す図。
- 【図 1 7】 本願発明の作製工程一例を示す図。
- 【図 1 8】 本願発明の作製工程一例を示す図。
- 【図 1 9】 本願発明の作製工程一例を示す図。
- 【図 2 0】 画素の上面図を示す図。
- 【図 2 1】 液晶表示装置の断面構造を示す図。
- 【図 2 2】 本願発明の作製工程一例を示す図。
- 【図 2 3】 本願発明の作製工程一例を示す図。
- 【図 2 4】 AM-LCDの外観を示す図である。
- 【図 2 5】 アクティブマトリクス型EL表示装置の構成を示す図。
- 【図 2 6】 電子機器の一例を示す図。
- 【図 2 7】 電子機器の一例を示す図。

【符号の説明】

- 1 0 1 レーザー発振器
- 1 0 2 レーザー光を分割するシリンドリカルレンズアレイ
- 1 0 3 レーザー光を分割するシリンドリカルレンズアレイ
- 1 0 4 レーザー光を集光するためのシリンドリカルレンズ
- 1 0 5 レーザー光を集光するためのシリンドリカルレンズ

- 1 0 7 反射ミラー
- 1 0 8 レーザー光を集光するためのシリンドリカルレンズ
- 1 0 9 照射面
- 2 0 1 ハーフミラー
- 2 0 2 ミラー
- 2 0 3 ミラー
- 2 0 4 ミラー
- 2 0 5 ミラー
- 2 0 6 ミラー
- 2 0 7 レーザー光を集光するためのシリンドリカルレンズ
- 2 0 8 レーザー光を集光するためのシリンドリカルレンズ
- 2 0 9 照射面
- 3 0 1 ステージ
- 3 0 2 移動機構
- 3 0 3 基板
- 3 0 4 線状ビーム
- 5 0 1 レンチキュラーレンズ
- 5 0 2 レンチキュラーレンズ
- 6 0 1 線状ビーム
- 6 0 2 サイズが 6 0 0 × 7 2 0 mm の基板
- 7 0 1 支持具
- 7 0 2 移動機構
- 7 0 3 基板
- 7 0 4 a-Si 膜
- 7 0 5 赤外線ランプ
- 7 0 6 石英窓
- 7 0 7 レーザー照射室
- 7 0 8 真空ポンプ
- 7 0 9 移動機構

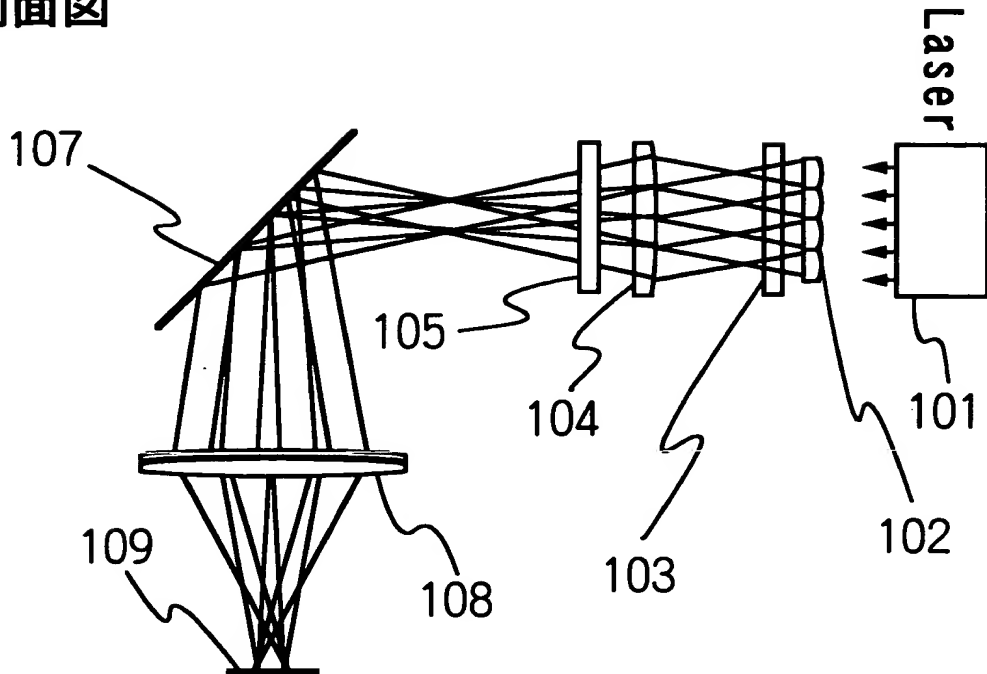
- 7 1 0 ガスボンベ
- 8 0 1 円柱状のころ
- 8 0 2 基板
- 8 0 3 a-Si膜
- 8 0 4 赤外線ランプ
- 9 0 1 ベルトコンベア
- 9 0 2 チャンバー
- 9 0 3 石英窓
- 9 0 4 真空ポンプ
- 9 0 5 ガスボンベ
- 1 0 0 1 シリンドリカルレンズ
- 1 0 0 2 シリンドリカルレンズ
- 1 0 0 3 非単結晶珪素膜
- 1 0 0 4 基板
- 1 1 0 1 レンチキュラーレンズ
- 1 1 0 2 レンチキュラーレンズ
- 1 1 0 3 非単結晶珪素膜
- 1 1 0 4 基板
- 1 2 0 1 ロードアンロード室
- 1 2 0 2 アライメント室
- 1 2 0 3 プレヒート室
- 1 2 0 4 トランスファ室
- 1 2 0 5 クーリング室
- 1 2 0 6 ロボットアーム
- 1 2 0 7 ゲートバルブ
- 1 2 0 8 ゲートバルブ
- 1 2 0 9 真空ポンプ
- 1 2 1 0 ガスボンベ
- 1 2 1 1 レーザー照射室移動機構

- 1 2 1 2 レーザー光学系
- 1 3 0 1 非単結晶珪素膜側から入射するビーム
- 1 3 0 2 基板側から入射するビーム
- 1 4 0 1 シリンドリカルアレイレンズ
- 1 4 0 2 シリンドリカルレンズ
- 1 4 0 3 ハーフミラー
- 1 4 0 4 ミラー
- 1 4 0 5 ミラー
- 1 4 0 6 ミラー
- 1 4 0 7 ミラー
- 1 4 0 8 ミラー
- 1 4 0 9 シリンドリカルレンズ
- 1 4 1 0 シリンドリカルレンズ
- 1 4 1 1 シリンドリカルアレイレンズ
- 1 4 1 2 シリンドリカルアレイレンズ
- 1 4 1 3 シリンドリカルレンズ
- 1 4 1 4 シリンドリカルレンズ

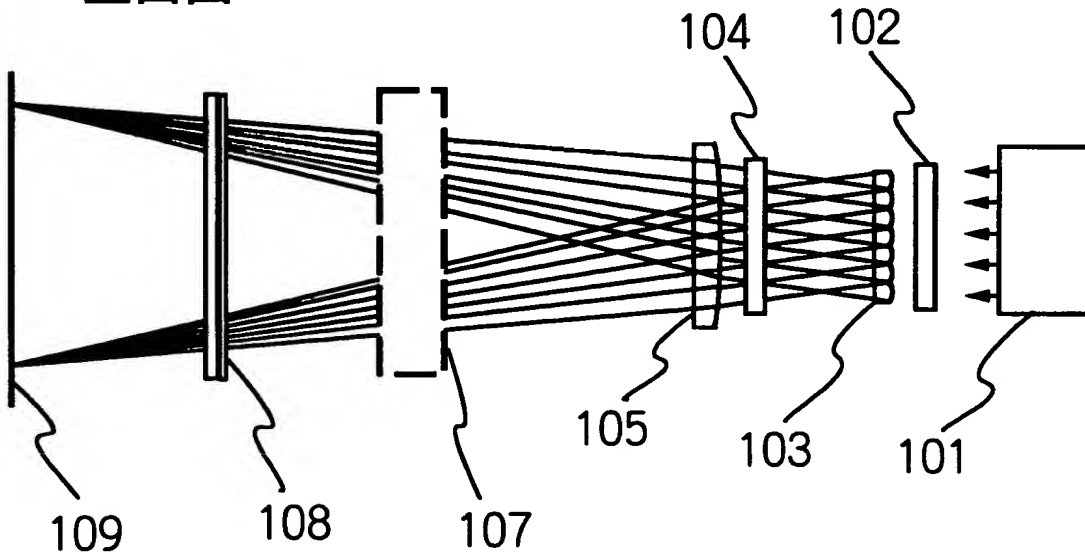
【書類名】 図面

【図 1】

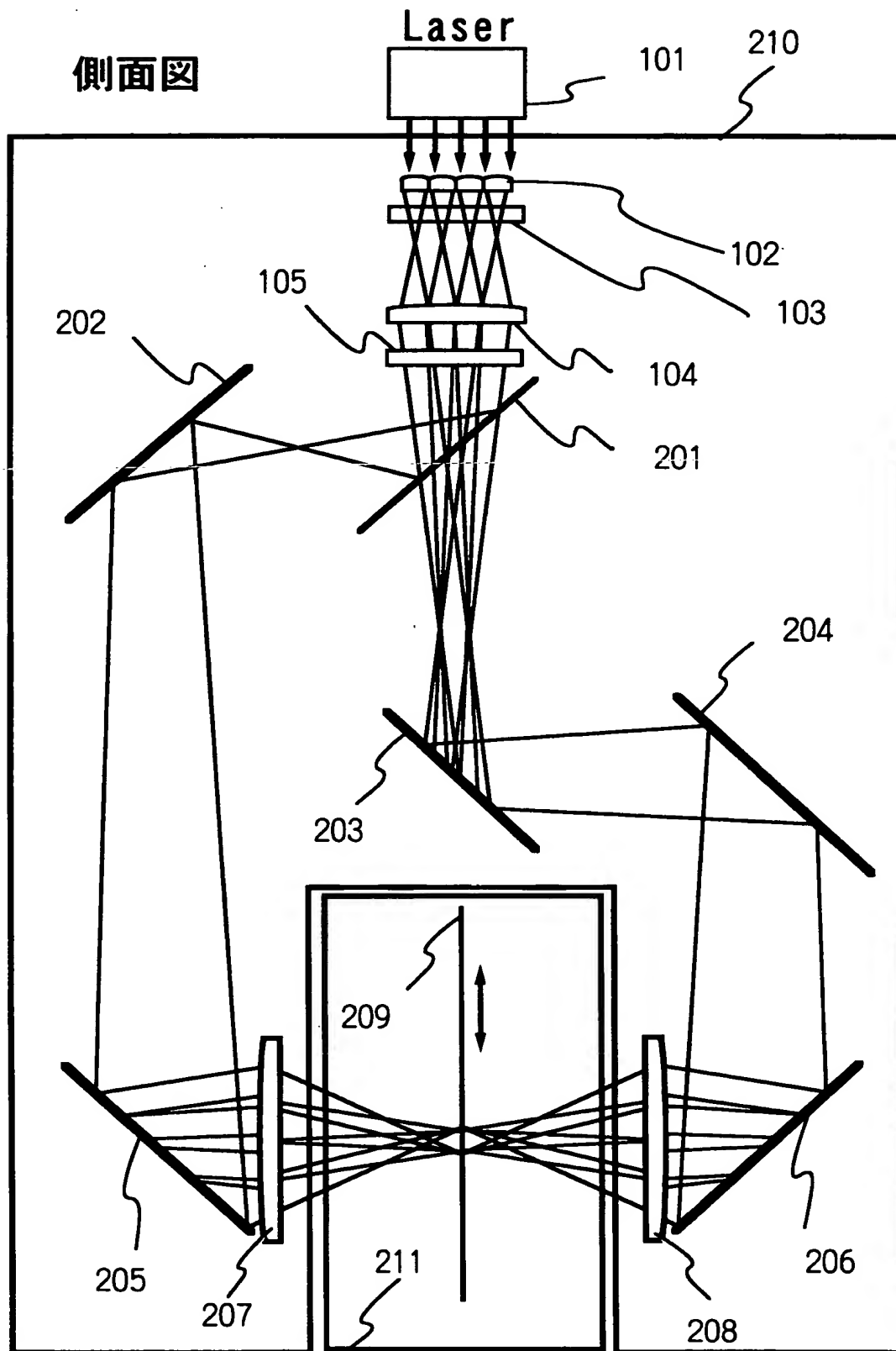
側面図



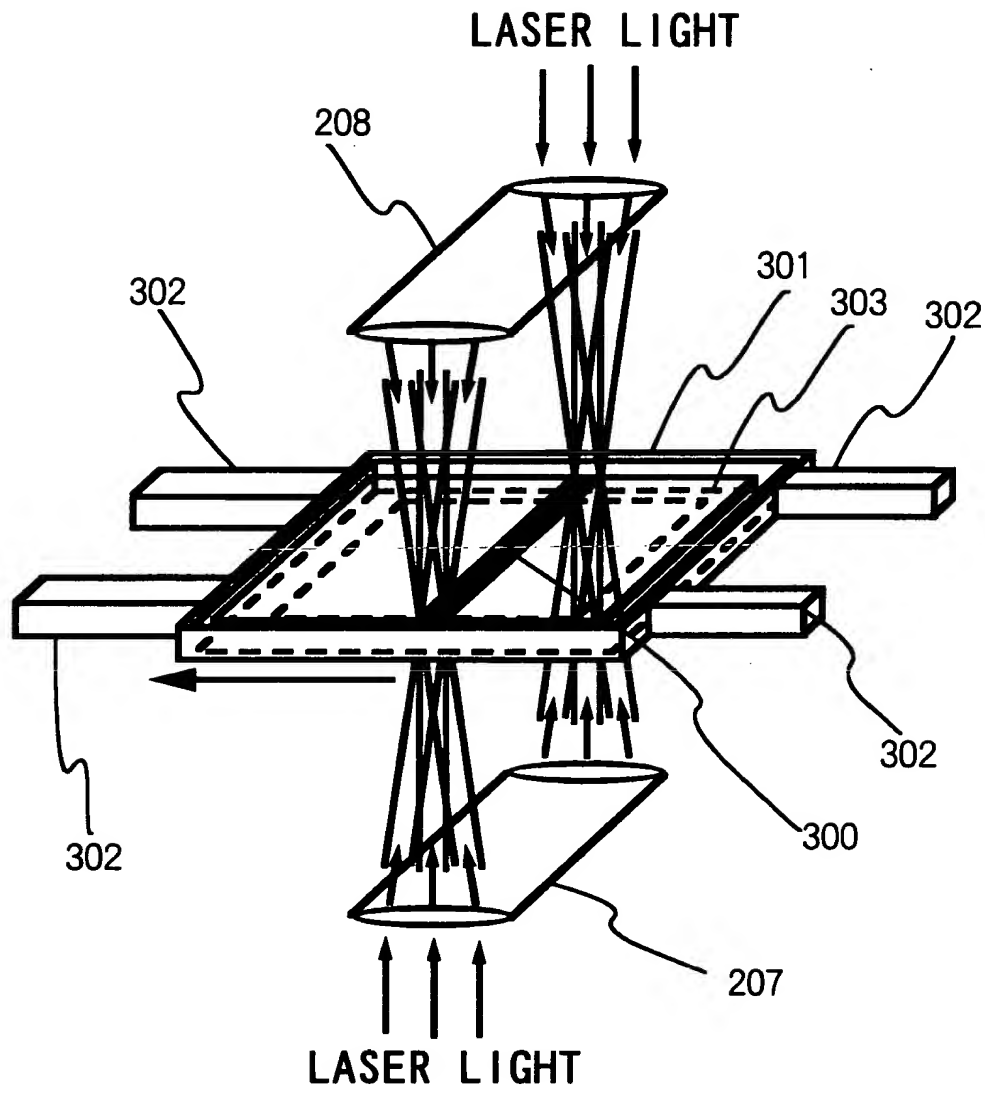
上面図



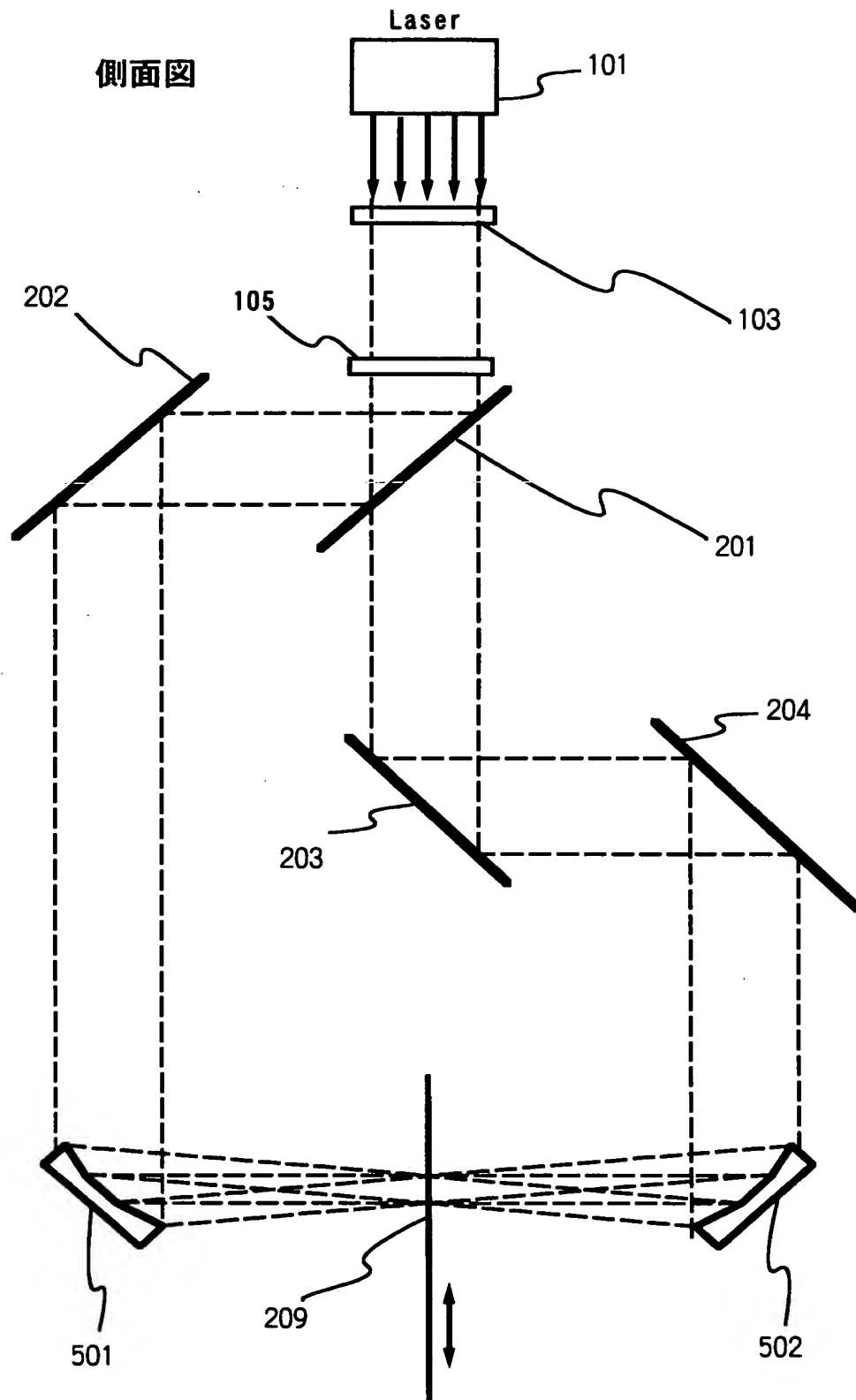
【図 2】



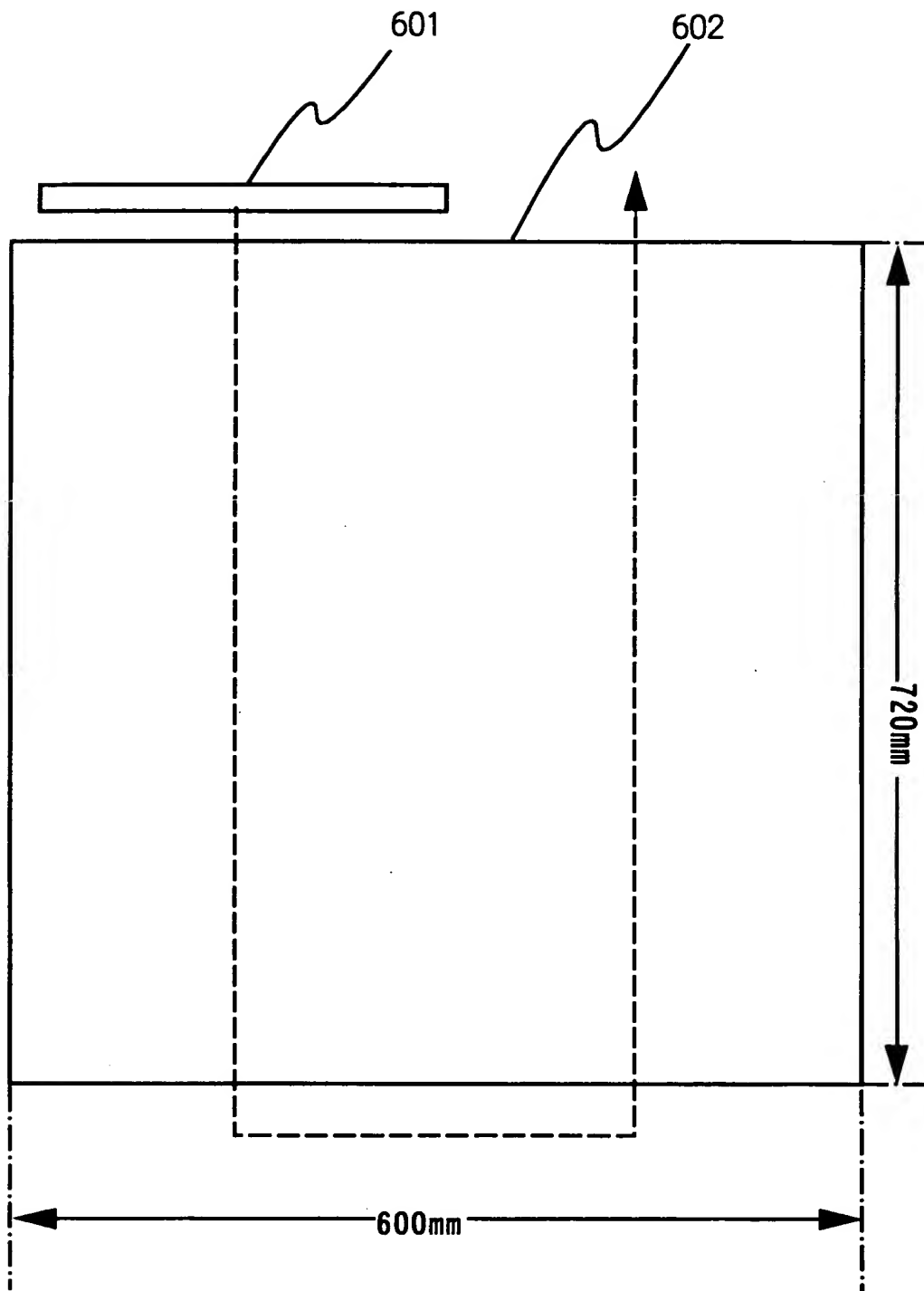
【図 3】



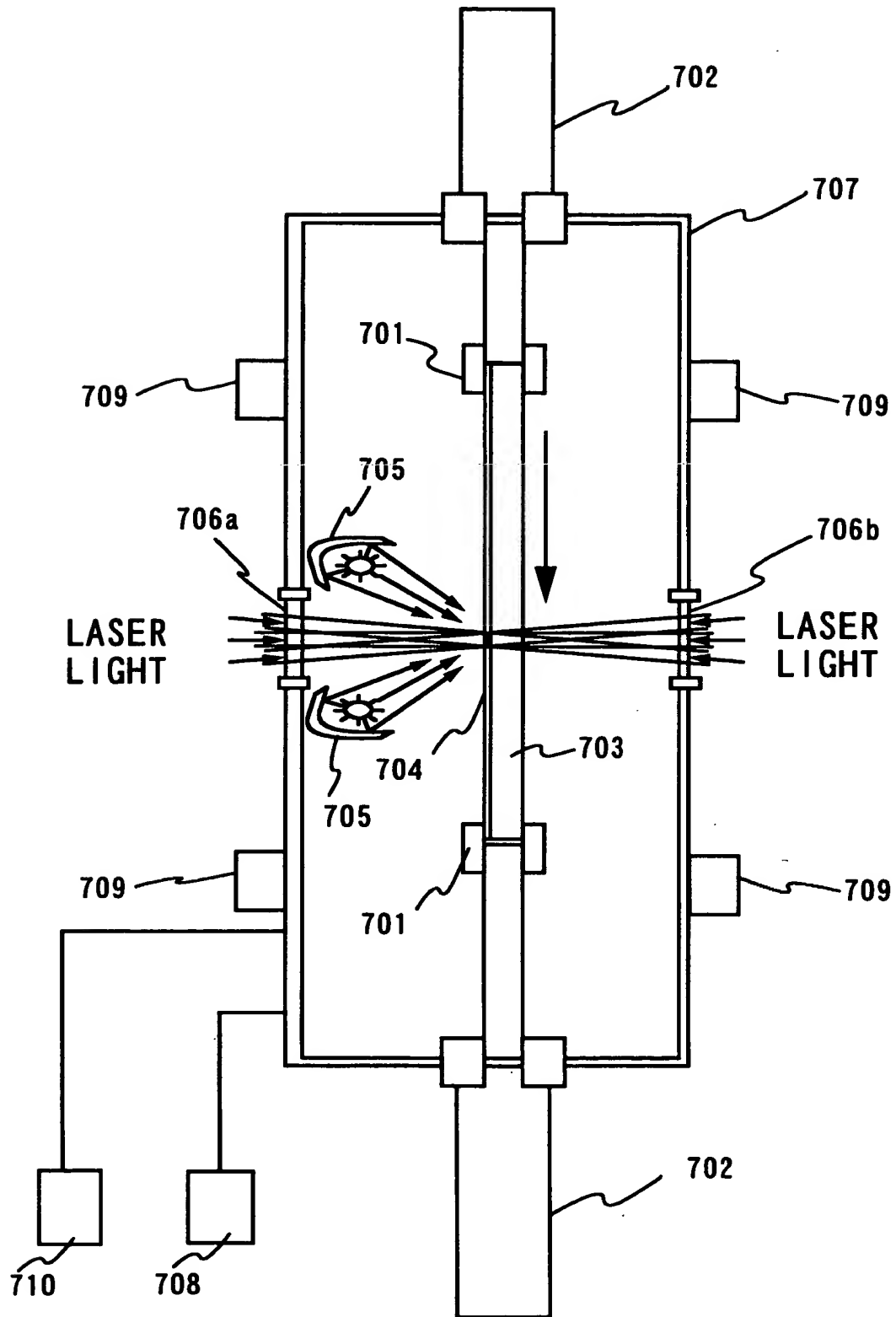
【図 4】



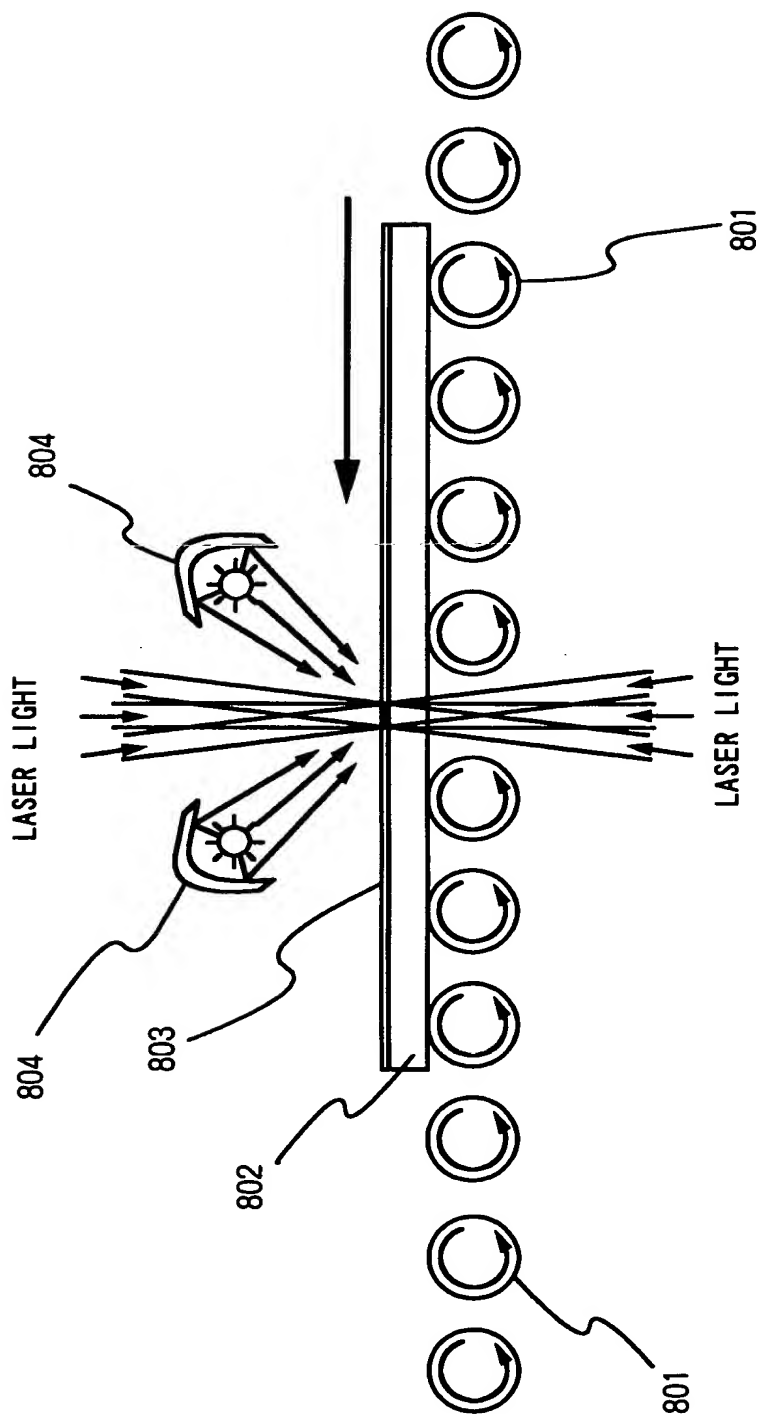
【図 5】



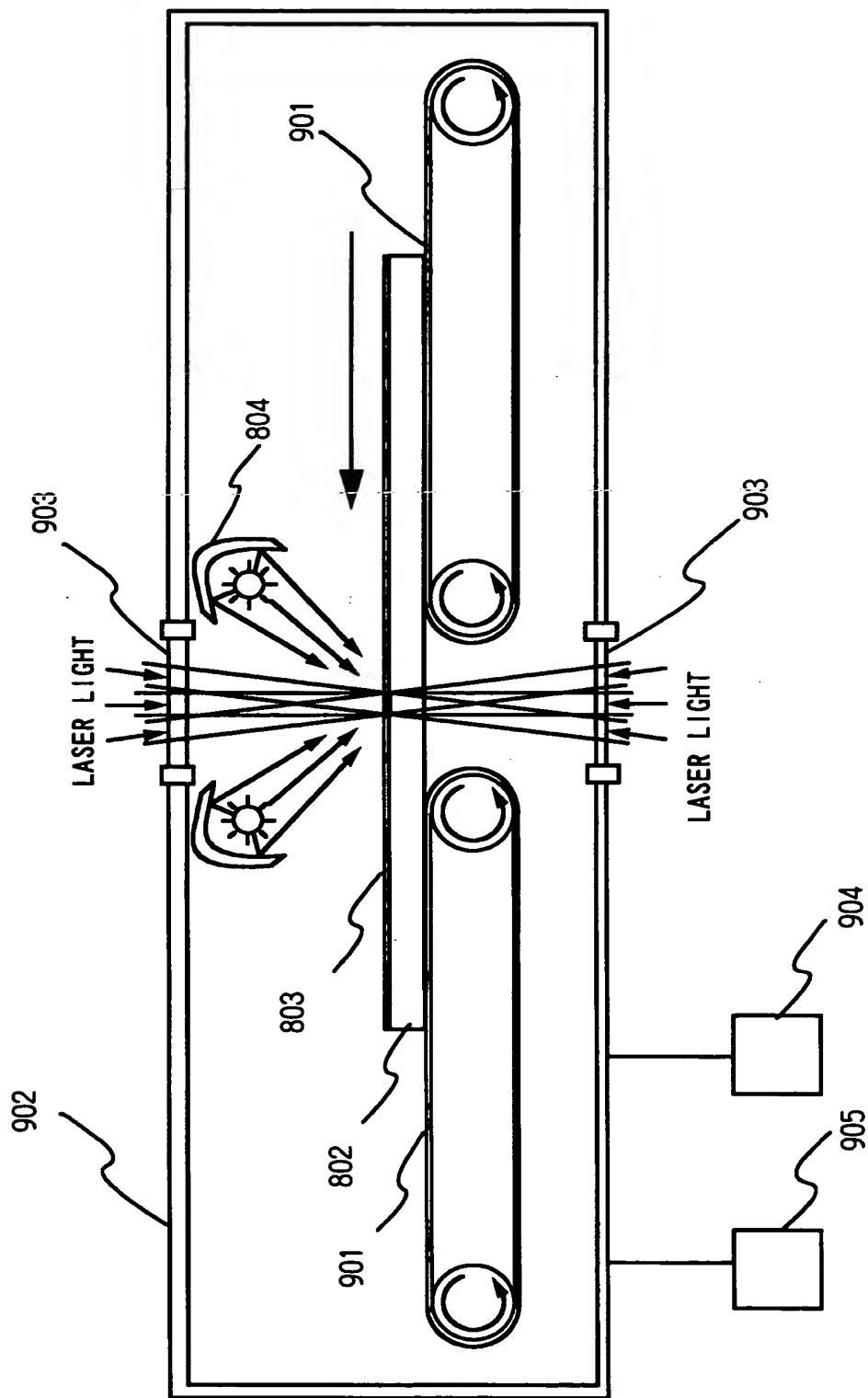
【図 6】



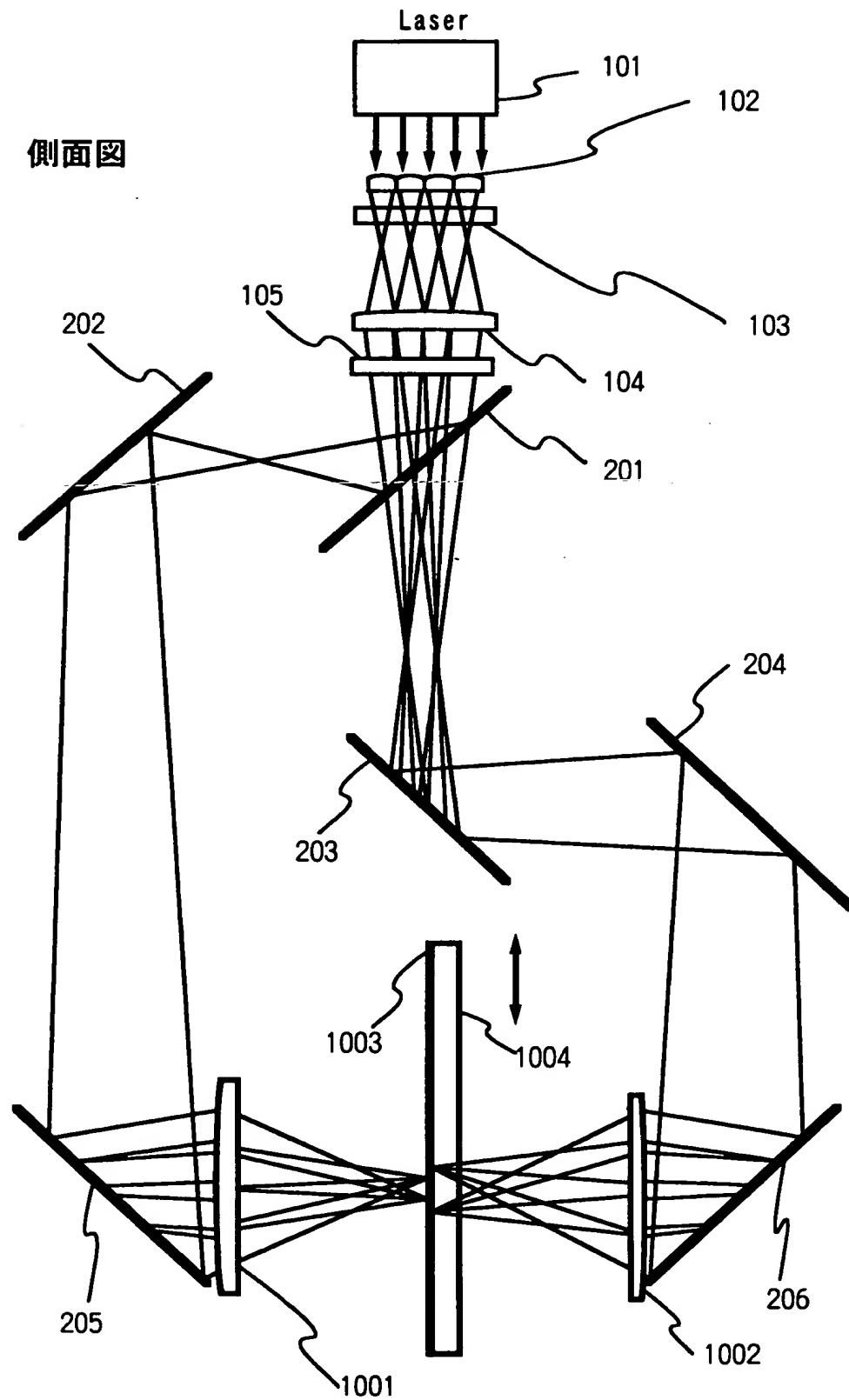
【図 7】



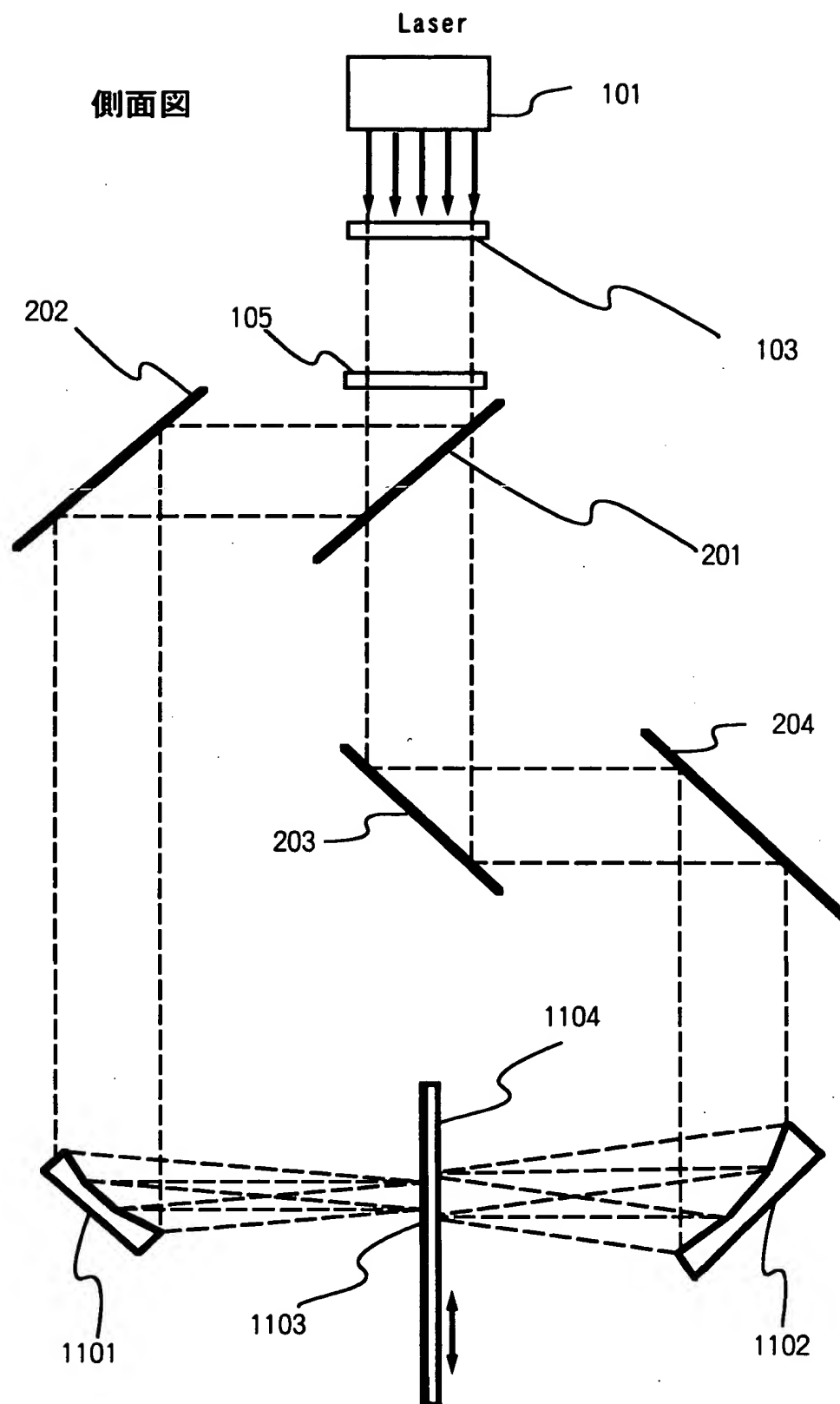
【図 8】



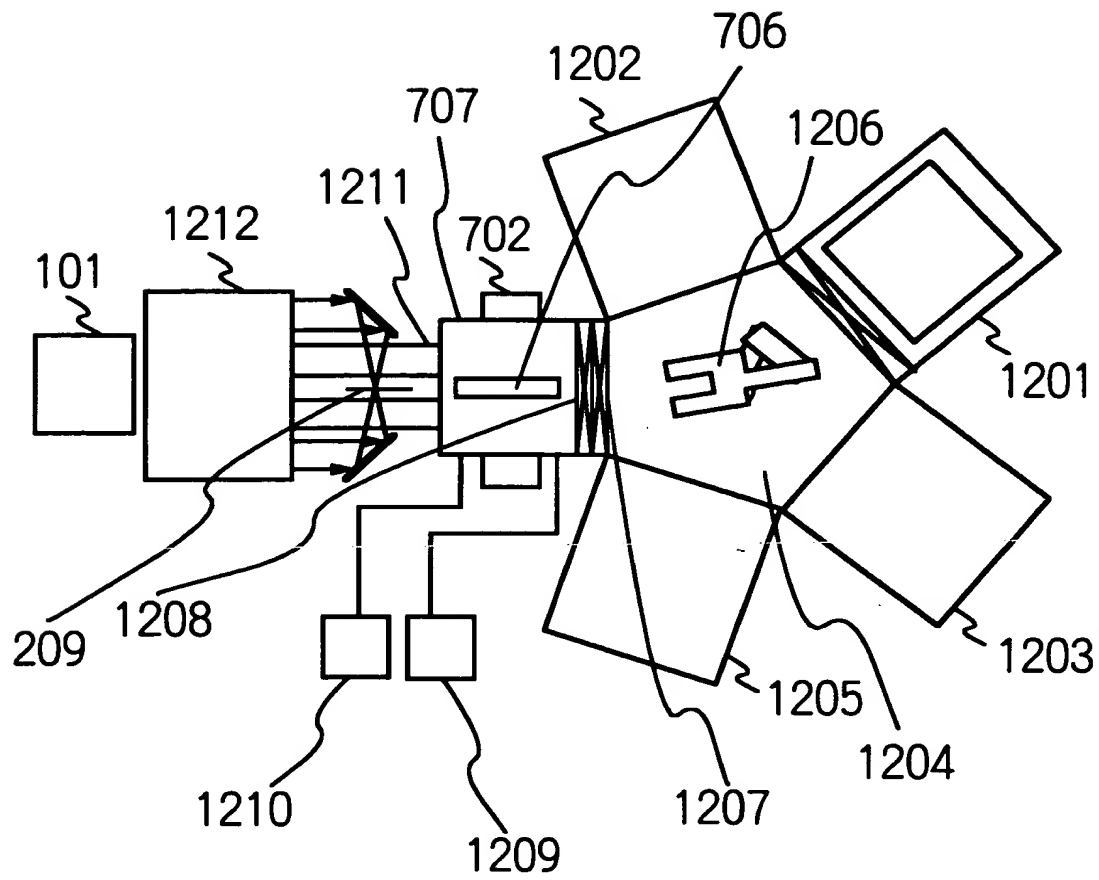
【図 9】



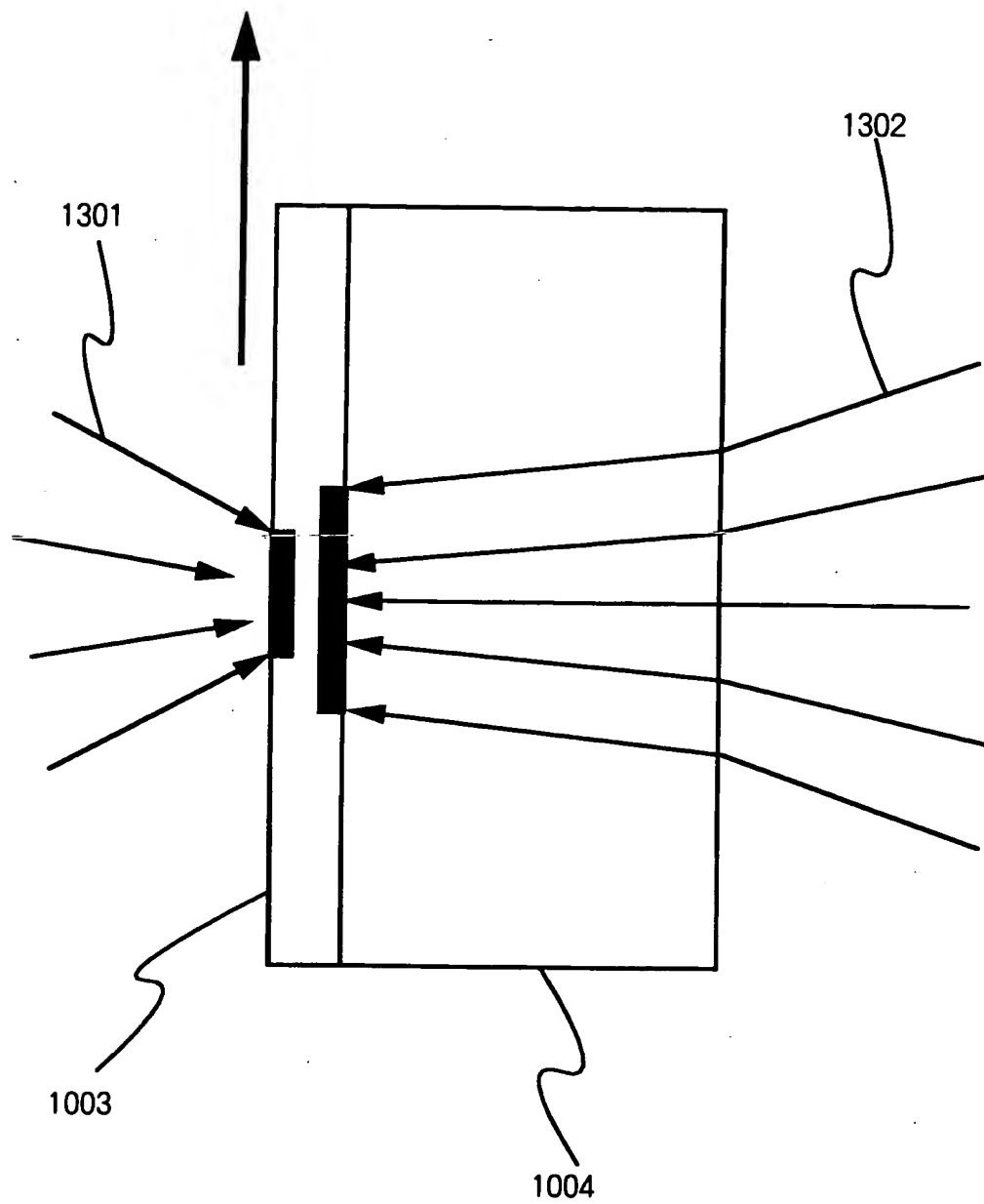
【図 1 0】



【図 1 1】

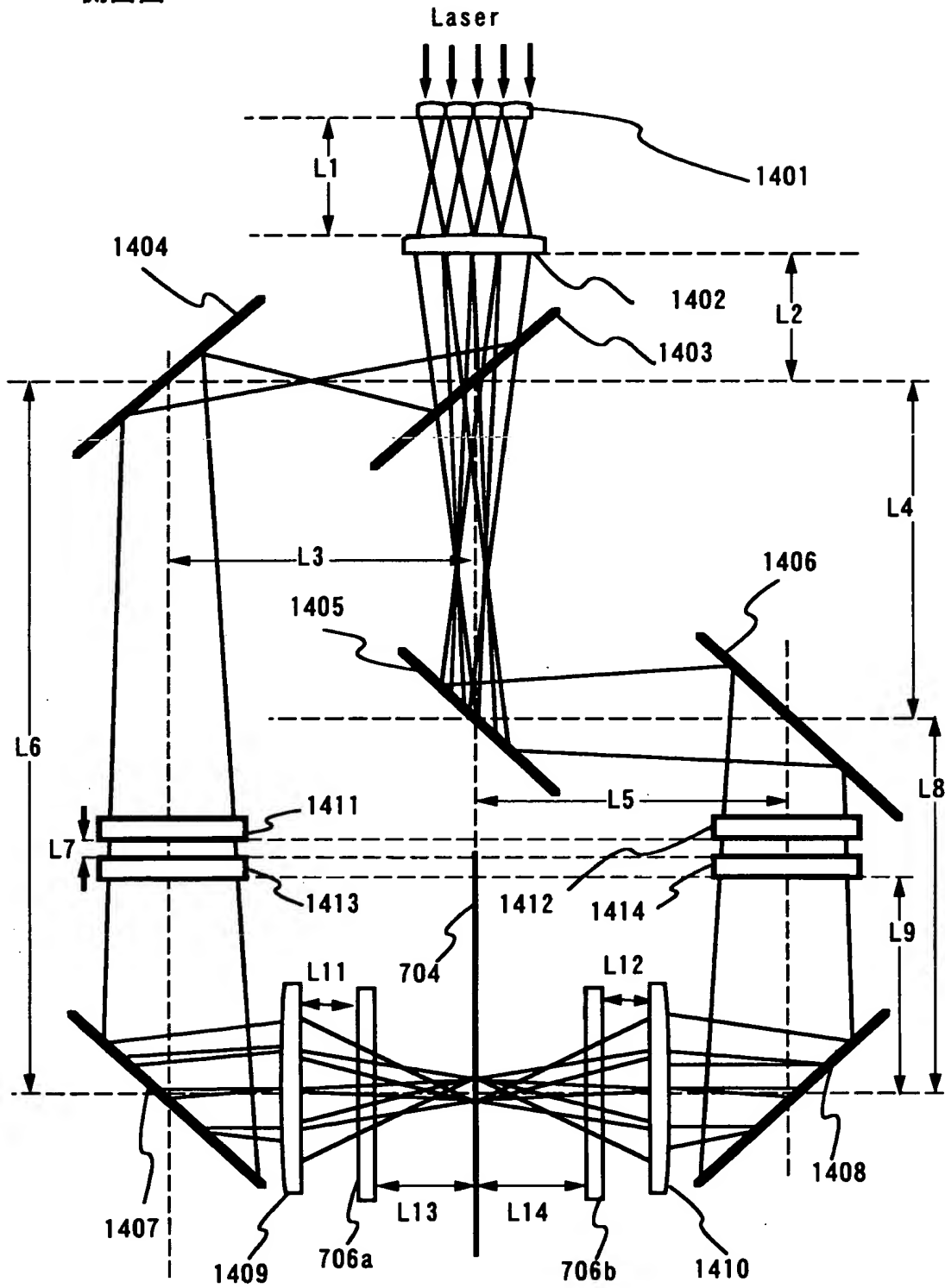


【図 1 2】

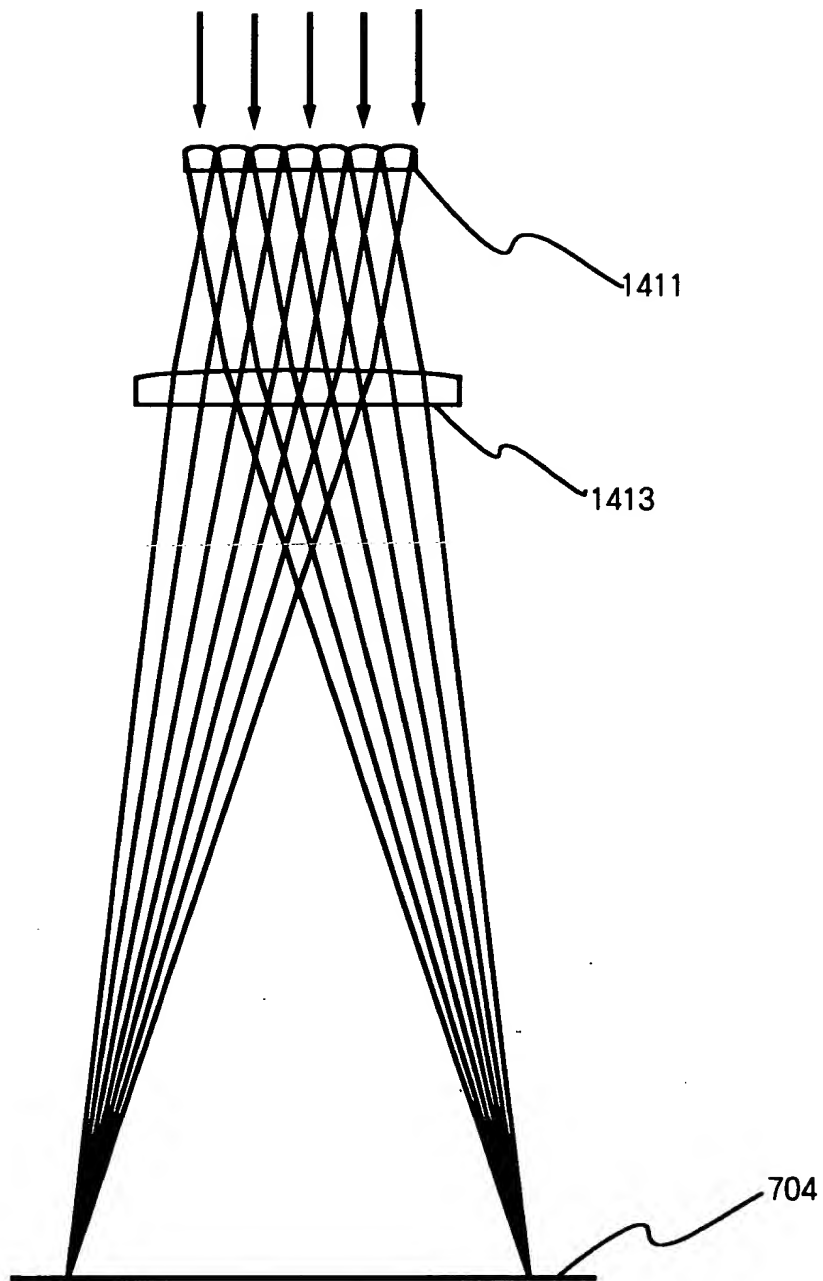


【図 1 3】

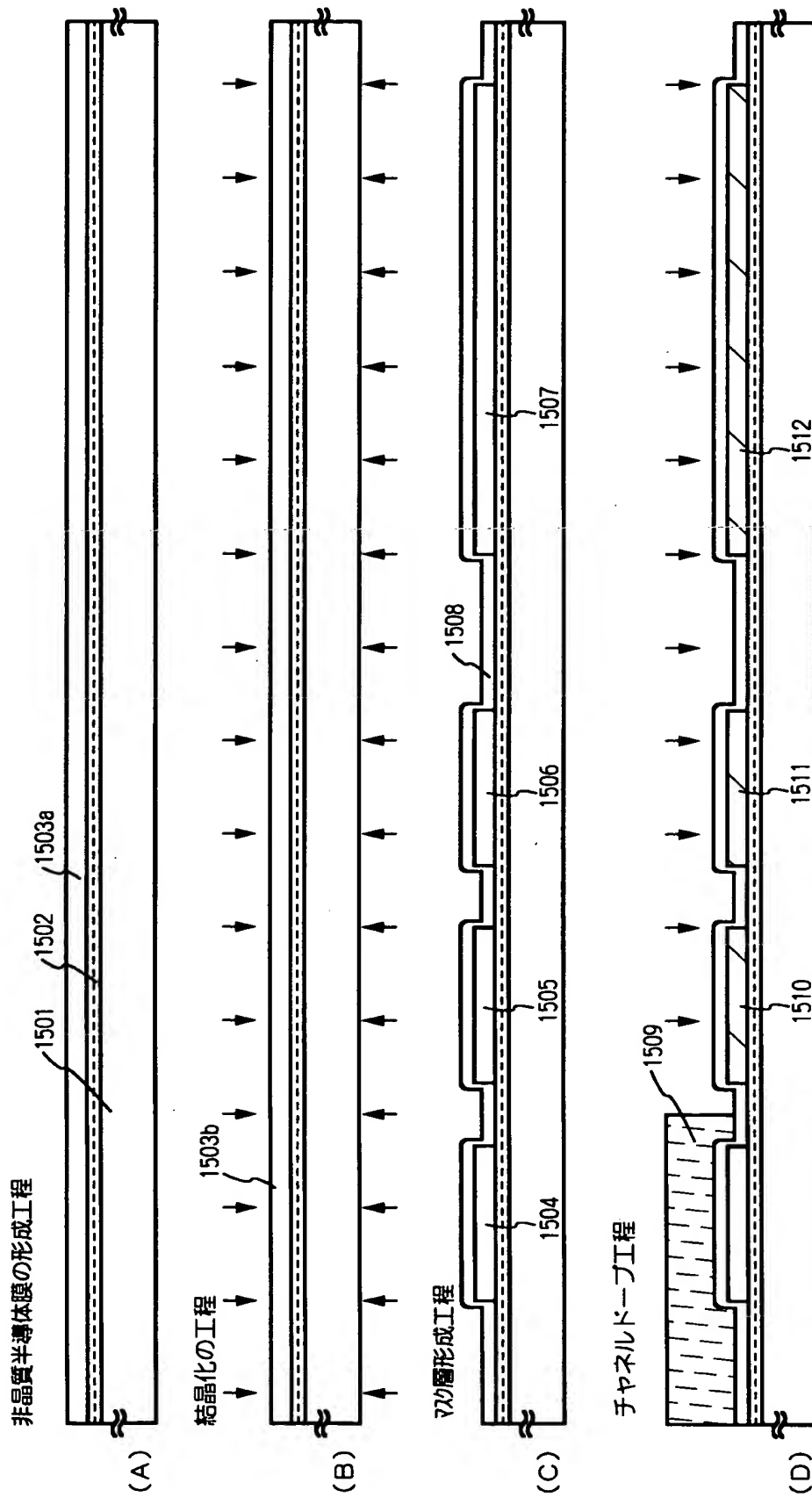
側面図



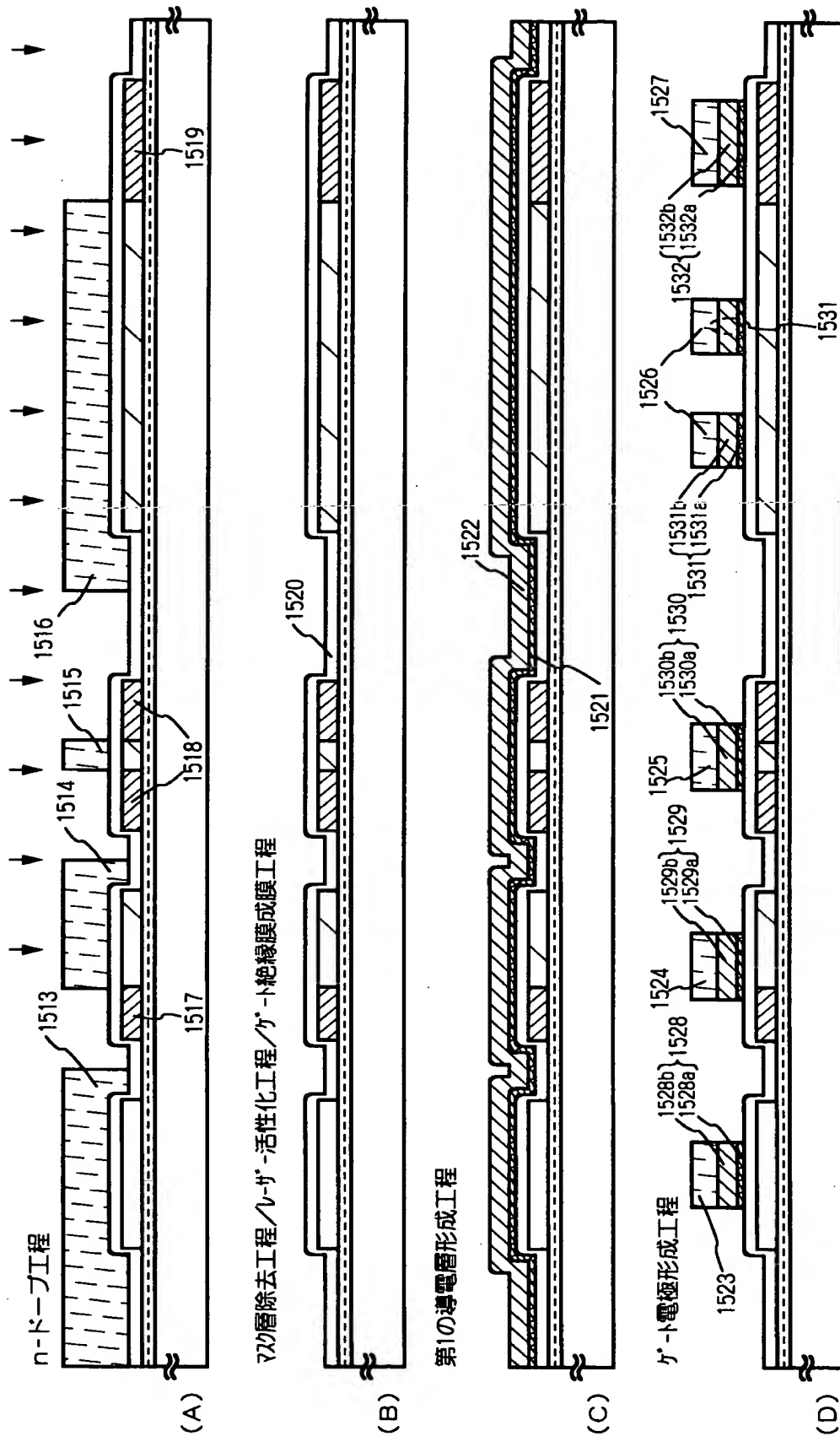
【図 1 4】



【図 1 5】

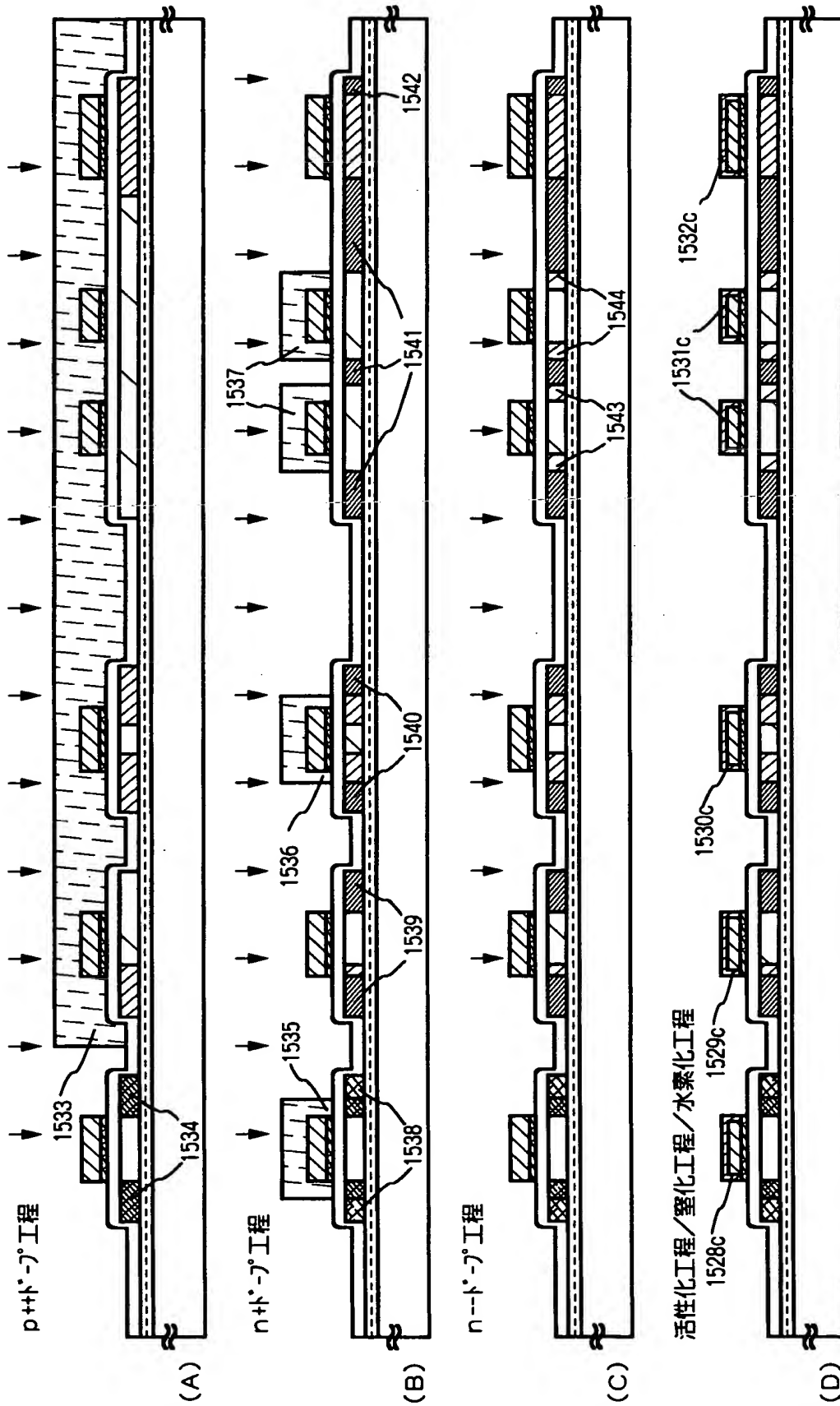


【図 1 6】



特平 1 1 - 1 9 8 2 4 9

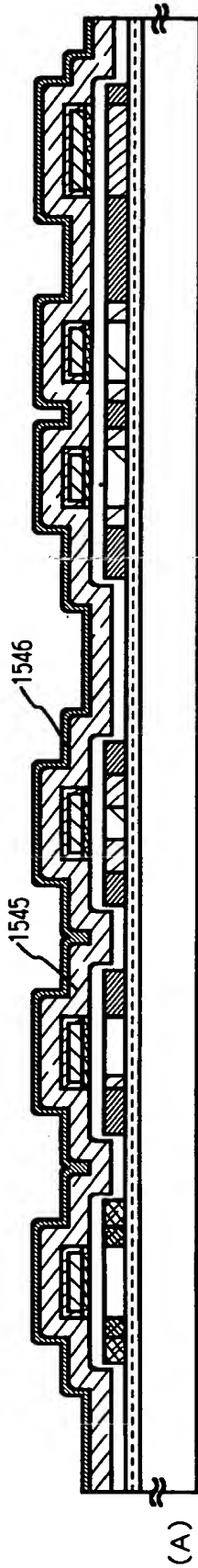
【図 1 7】



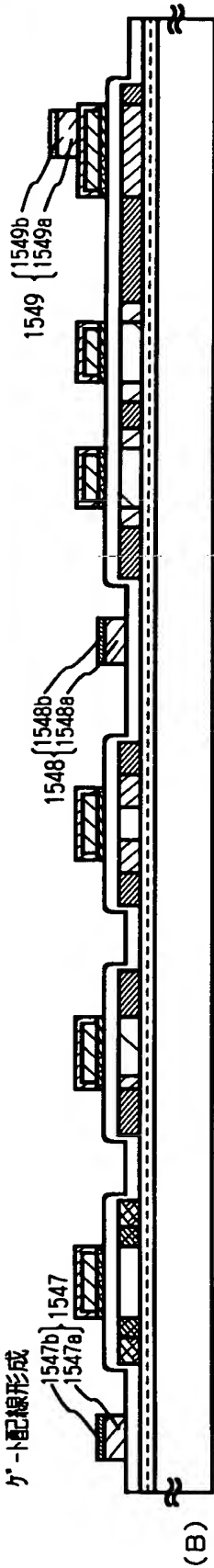
特平 1 1 - 1 9 8 2 4 9

【図 1 8】

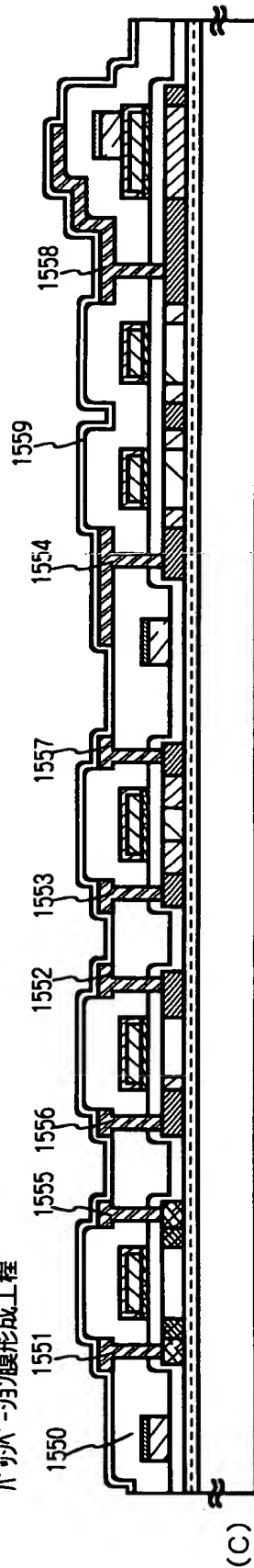
第2の導電層形成工程



ゲート配線形成

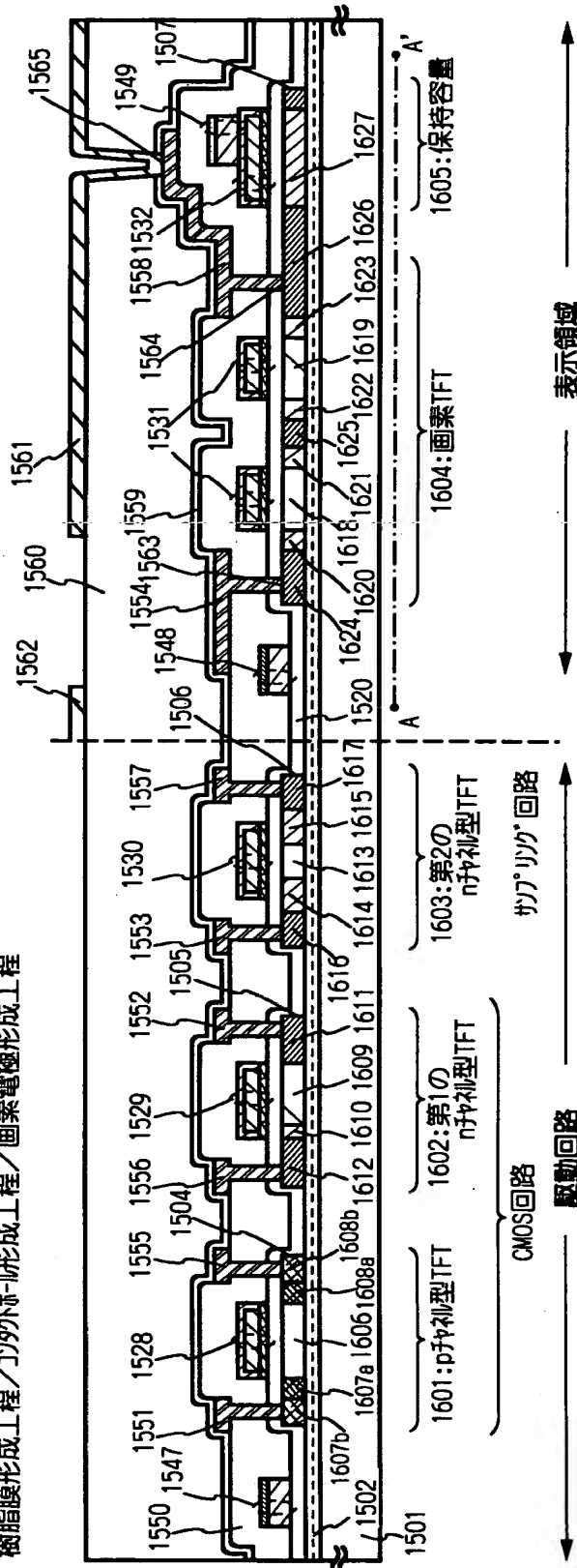


層間膜形成工程／リソグラフィ形成工程／配線形成工程
パッドパターンの膜形成工程

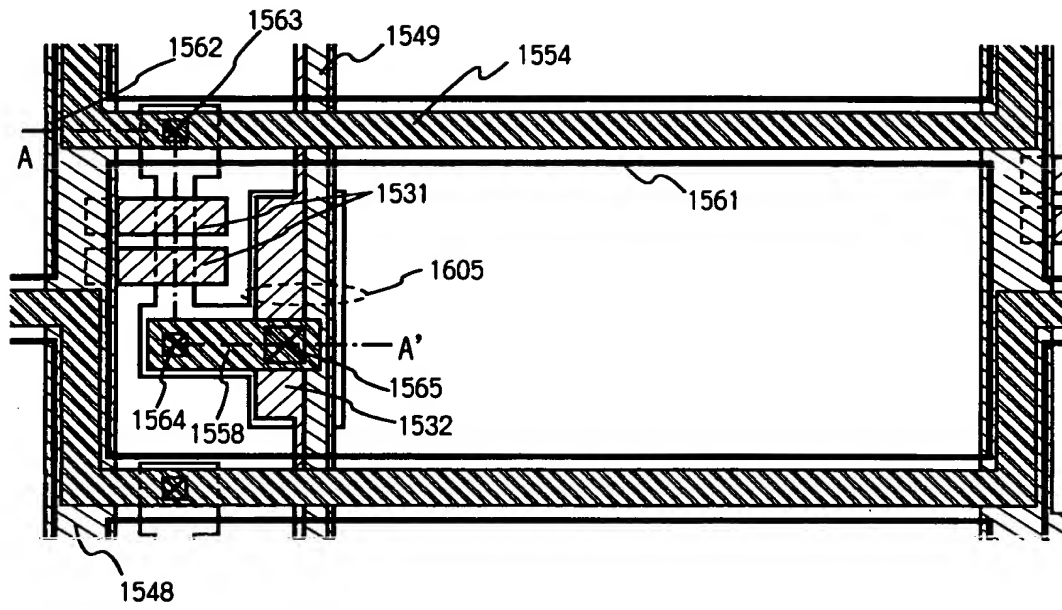


【図 1 9】

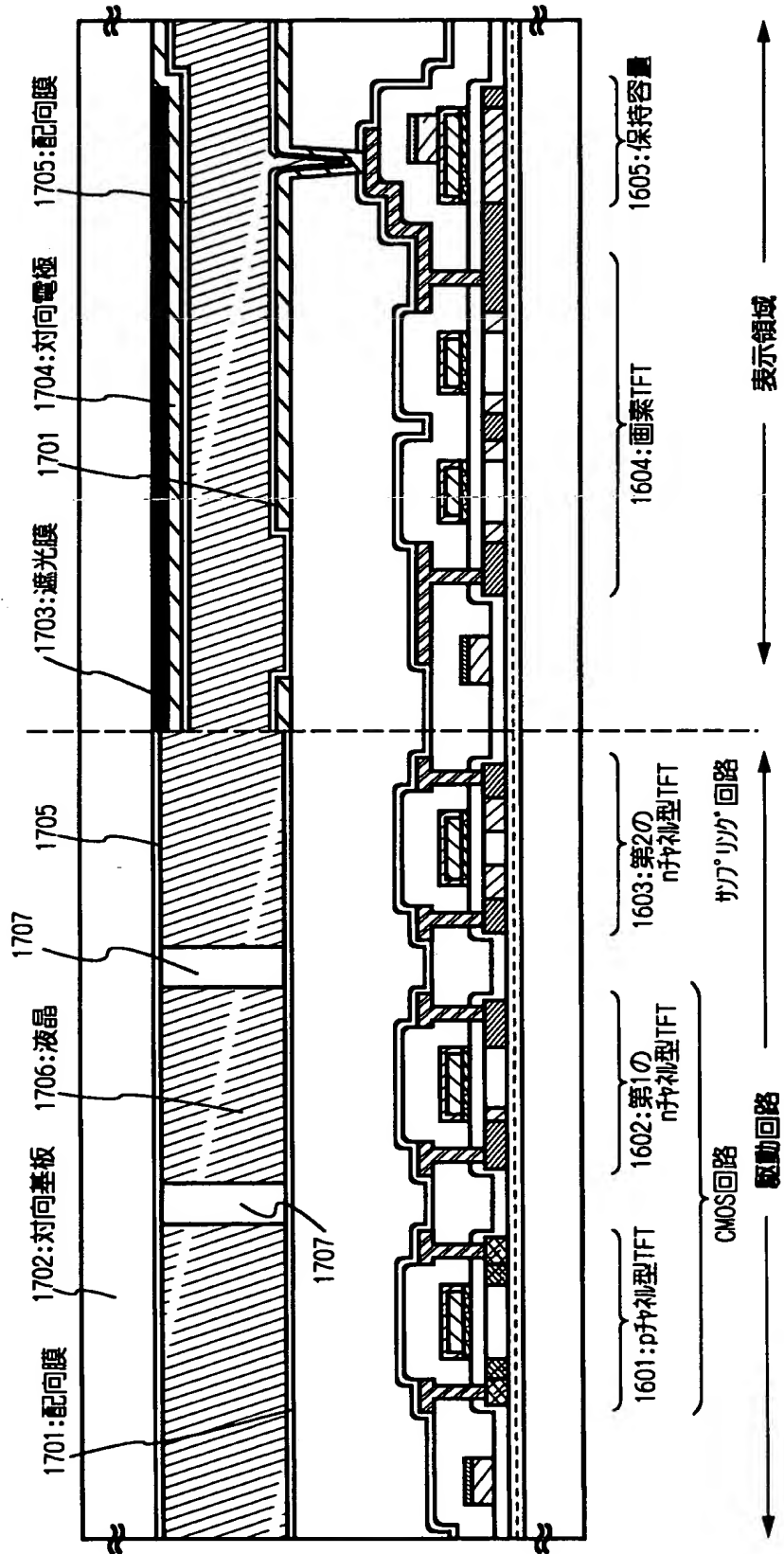
樹脂膜形成工程／リソ加工形成工程／画素電極形成工程



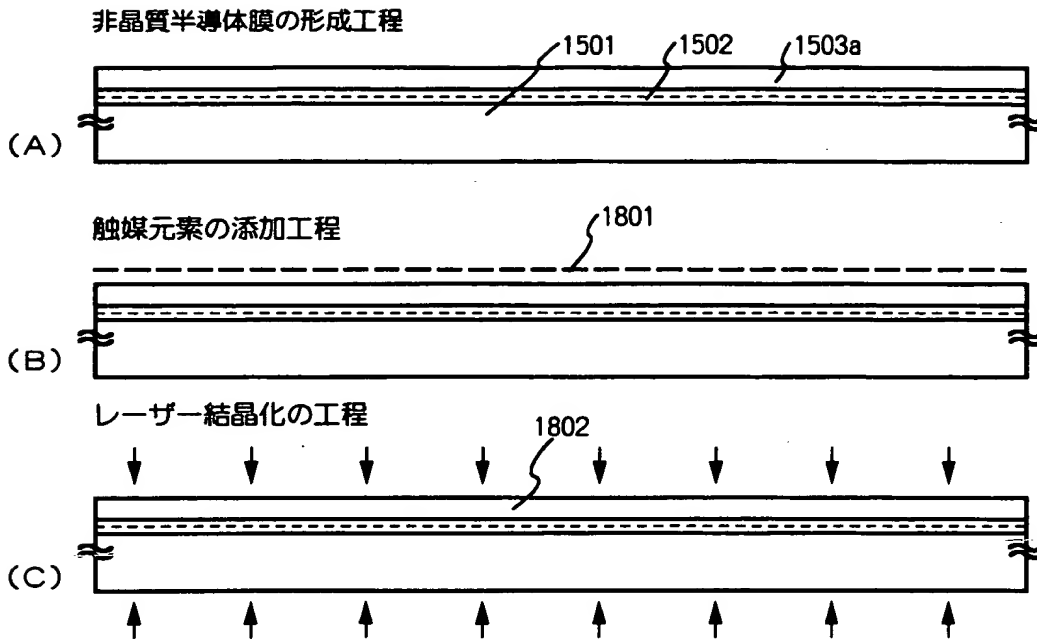
【図 2 0】



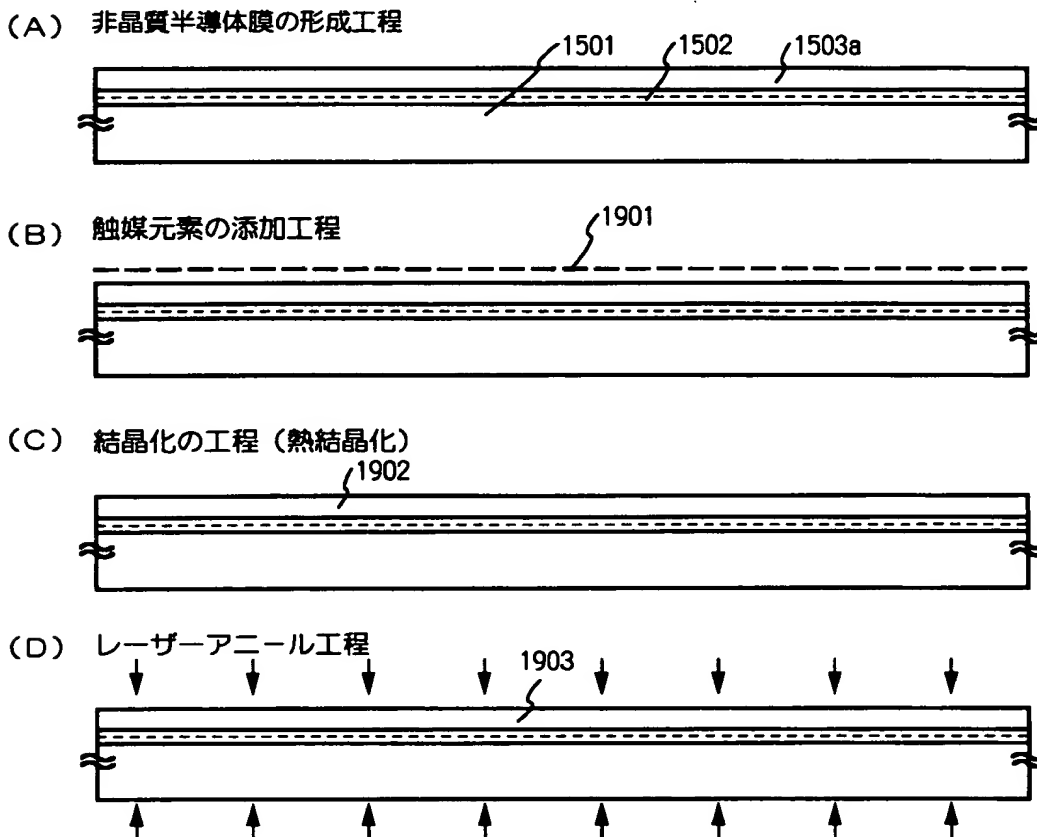
【図 2 1】



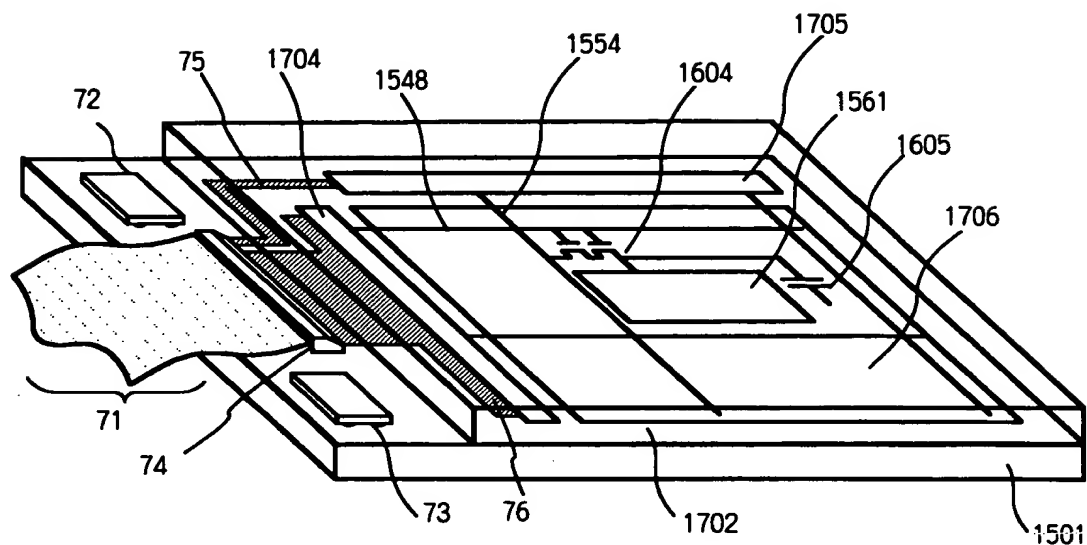
【図 2 2】



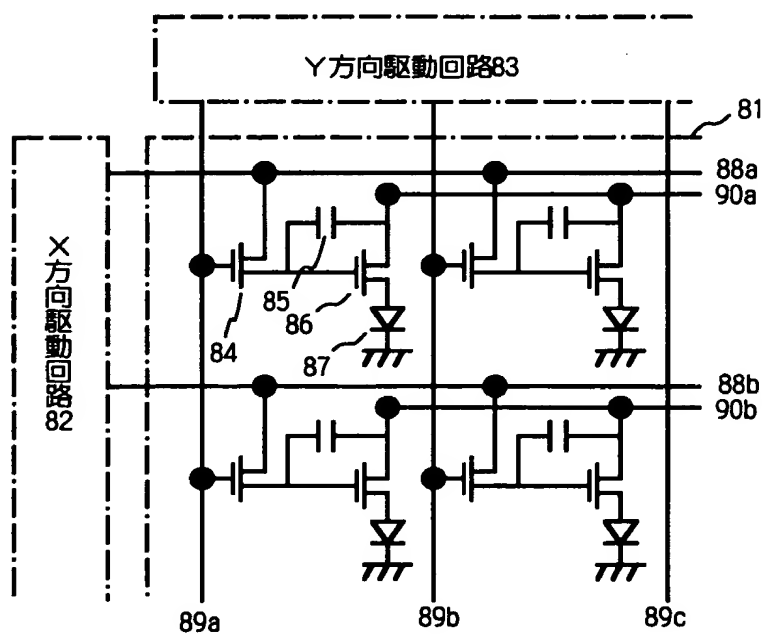
【図 2 3】



【图 24】

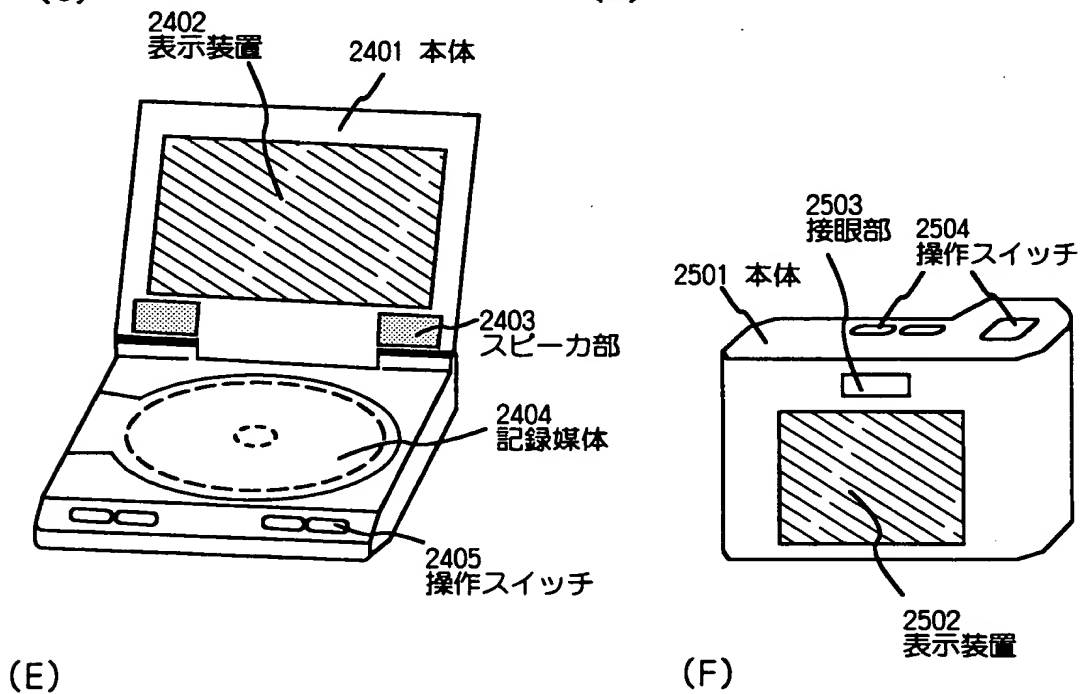
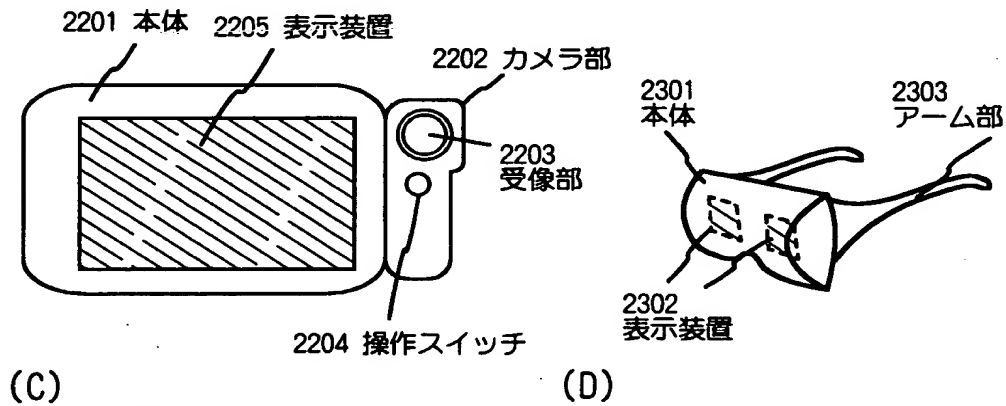
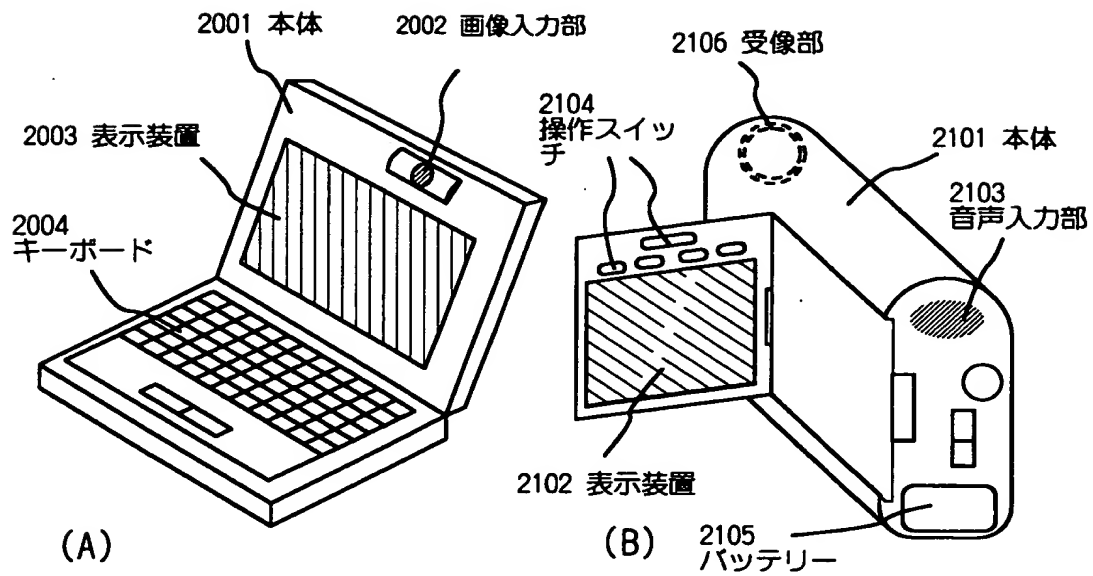


【図 25】



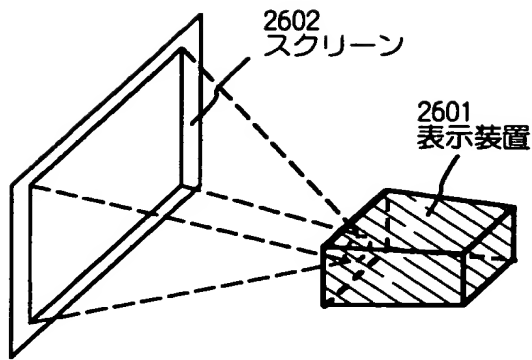
81:表示領域 82:X方向驅動回路 83:Y方向驅動回路
84:21吋用TFT 85:保持容量 86:電流制御用TFT 87:有機EL素子
88a, 88b:X方向信号線 89a~89c:Y方向信号線 90a, 90b:電源線

【图 26】

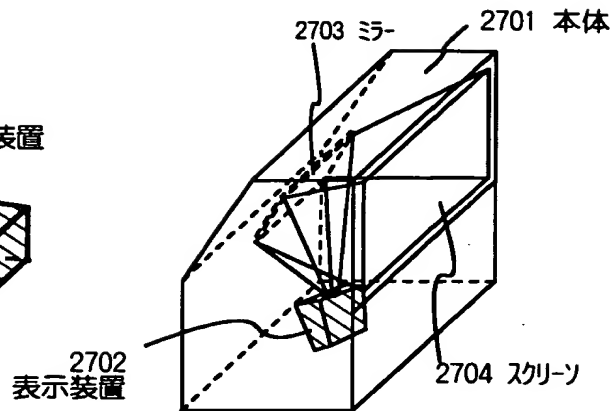


特平 1 1 - 1 9 8 2 4 9

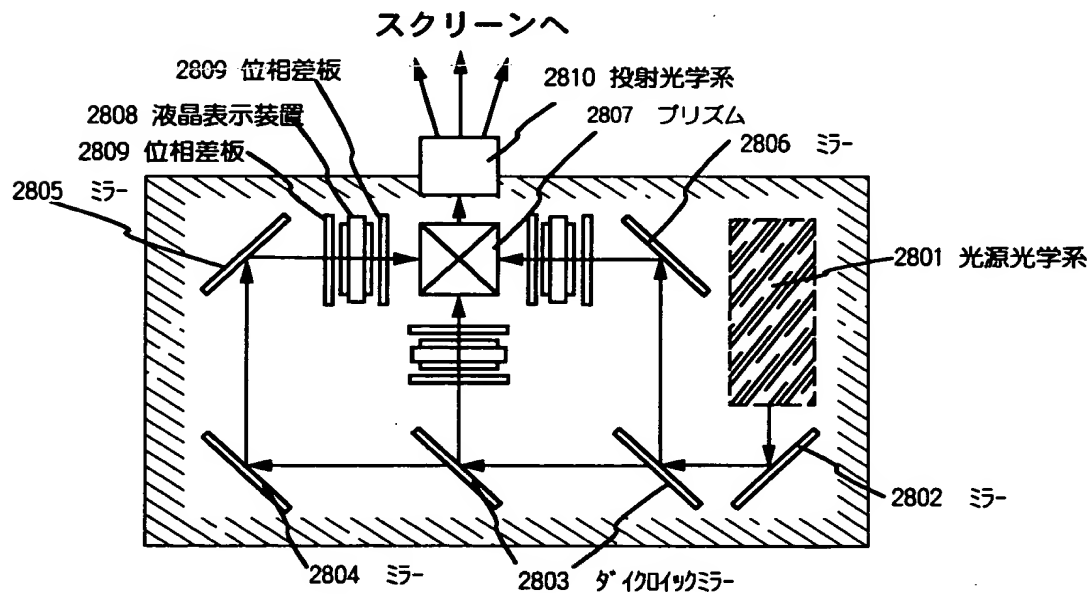
【図 2 7】



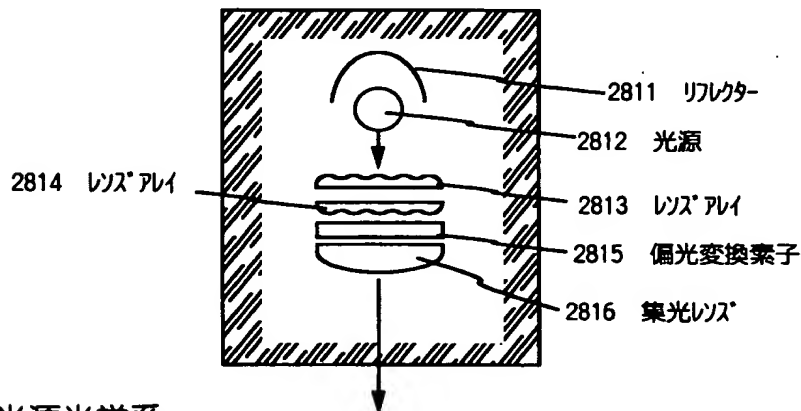
(A)



(B)



(C)表示装置 (三板式)



(D)光源光学系

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザーアニールにより、 $1\ \mu\text{m}$ 以上の粒径の多結晶珪素膜を形成する。

【解決手段】 レーザー装置 1 0 1 から出射したビームをハーフミラーにより、2 分割する。2 分割されたビームはシンドリカルレンズ 1 0 2 ~ 1 0 5、2 0 7 によって線状に整形されたのち、被照射面 2 0 9 を同時に照射する。

被照射面 2 0 9 に、非晶質珪素膜が形成されたガラス基板を配置すると、非晶質珪素膜には表面から入射する線状ビームと、ガラス面を透過した線状ビームが同じ箇所に照射され結晶化される。

【選択図】 図 2

出 願 入 履 歴 情 報

識別番号 [000153878]

1. 変更年月日	1990年 8月17日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県厚木市長谷398番地
氏 名	株式会社半導体エネルギー研究所